பௌதிகம் - ஓர் அறிமுகம்

(புகுமுக வகுப்புக்குரியது)

திரு. எஸ். சம்பத்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவன (க.வெ.) வரிசை எண்—264

பௌதிகம் - ஓர் அறிமுகம்

(புகுமுக வகுப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்

திரு. எஸ். சம்பத், எம்.ஏ.,
பௌதிக விரிவுரையாளர்,
மண்டலப் பொறியியல் கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition— July 1971

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 264

AN INTRODUCTION TO PHYSICS (P. U. C.)

S. SAMPATH

Net Price Rs. 7-00

(No discount)

Printed by
The United Printers,
3/27, Broadway,
Madras-1.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி-உள்ளாட்சித்துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினோர் ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி. ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969 ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'பௌதிகம் — ஓர் அறிமுகம்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 264ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 299 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின் உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

1. அளவையியல்

(Mensuration)

தோற்றுவாய்

அறிவியலின் பொற்காலம் இவ்விருபதாம் நூற்றாண்டு என்று சொன்னால் அது மிகையாகாது. மிகக் குறைந்த காலத்தில் இவ்வளவு பெரும் வளர்ச்சியினை எந்தத் துறையும் எந்தக் காலத்தும் அடைந்திருக்க முடியாது. ஆற்றல்களை அடக்கியாள மனிதன் கற்றான். காற்றிலேறி விண்ணையும் சாடுவோமெனப் பாரதி கூறியாங்கு காற்றை வெற்றிகொண்டு அதற்கும் மேலேறி ஜெட் விமானங்களில் காற்றினும் கடுகிச் செல்கின்றான். அம்மட்டோ! இயற்கையின் ஈர்ப்பு ஆற்றலை யும் மீறி இம்மண்ணுலகின் கட்டுகளிலிருந்து விடுபட்டு நிலவை யடைந்து அங்கு வாழ்வதற்கான முயற்சிகளில் ஈடுபட்டுள் ளான். அம்முயற்சிகளில் வெற்றிபெறும் நாள் வெகு தூரத்தி லில்லை. இயற்கையோடு போட்டிபோட்டு துணைக்கோள்களை நம் நில உலகைச் சுற்றிப் பறக்கச் செய்கின்றான். அதன் துணைகொண்டு அகில உலகத் தொடர்பினை எளிதாக்கு கின்றான். எண்ணிப்பார்க்க விந்தையாயிருக்கிறது. வியப்பு மிகுகின்றது. அறிவியலின் சாதனை; அது அளப்பரியது. ஆனால், அதே மனிதன்தான் ஆதிகாலத்தில் காலையில் கீழ்த் திசையில் தன் செங்கரங்களை நீட்டி இருளை எடுத்து விழுங்கி விட்டு நிலத்தை ஒளிமயமாக்க வரும் கதிரவனைக் கண்டு அச்சப்பட்டான்; உச்சிவேளையில் அதன் வெப்பம் தாளாது வேதனைப்பட்டான்; காடுகளில் திடீரென வெடித்துப் பரவும் செந்தழலைக் கண்டு நடுங்கி ஓடினான்; அதனையும் அணைத்து விடும் மாமழையைக் கண்டு மருண்டான். இவ்வாறாக இயற் கையின் ஆற்றல்களைக் கண்டு அச்சமும் ஆச்சரியமும் பட்ட

மனிதன் அவற்றை நாளும் கவனித்து அவற்றின் பண்புகளை அறியத் தலைப்பட்டான். அறிவியல் தொடங்கியது. மனிதன் தான் கண்டறிந்தவற்றைக் கொண்டு இயற்கையைப் படிப் படியாக அடக்கி ஆளவும் தன் வாழ்க்கையை மேம்படச் செய்ய வும் அவற்றைப் பயன்படுத்தவும் தலைப்பட்டான். அறிவியல் வளர்ந்தது. அறிவியலின் ஒரு பெரும்துறைதான் பௌதிகம் அல்லது பருப்பொருளியல். பெயரே குறிப்பிடுவதுபோல இது பருப்பொருள்களின் தன்மைகளையும் பண்புகளையும் பற்றிய துறையாகும். பொருள்களைப்பற்றி மட்டுமல்லாது வெப்பம், ஒளி போன்ற பல்வேறு ஆற்றல்களைப் பற்றியும் இத் துறையின்கீழ்ப் படிக்கின்றோம். இந்நூற்றாண்டின் அறிவியல் மேதையான ஐன்ஸ்டின் கூற்றுப்படி பொருளும் ஆற்றலும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் ஆதலால் ஆற்றலையும் பருப்பொரு ளியலில் அடக்குவது பொருத்தமே.

அறிவியல் துறையில் எந்த ஒரு நிகழ்ச்சியையும் ஆராயத் தலைப்படும்போது அதனைப் பலவேறு நிலைகளில் மீண்டும் மீண்டும் கவனித்து, அளவீடுகள் செய்து, குறிப்புகள் எடுத்துக் கொள்ளப் பெறுகின்றன. அவற்றைத் தொகுத்துக் கண் டறியப்படும் உண்மை ஒரு புனைகோள் (hypothesis) ஆகின்றது. அப்புனைகோளின் உண்மை வேறு புதிய சோதனைகள் வாயி யாக ஆராயப்படுகின்றது. அச்சோதனைகள் அதனை உண் மையேயெனக் காட்டினால் அது ஒரு விதி (law) ஆகின்றது. இதுதான் அறிவியல் முறையாகும்.

அலகுகள்

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து பௌதிகத் துறையில் பருப் பொருள்களின் தன்மைகளையோ பண்புகளையோ அறிய வேண் டினும், எந்த ஒரு விதியினை வகுக்க வேண்டினும், அளவீடு கள் செய்யவேண்டுமென்பது தெளிவு. அளவீடுகள் செய்வ தென்றால் எவ்வாறு? ஒரு பொருளின் நீளம் 6 அடி என்று சொன்னால் அதன் நீளமானது 'அடி' யெனப்படும் ஒரு திட்ட அளவைப்போல் ஆறு மடங்கு என்று புரிந்து கொள்கின்றோம். இங்கே அடி யெனப்படும் திட்ட அளவு 'அலகு' (unit) எனப் படும்.

19-ஆம் நூற்றூண்டின் தொடக்கம் வரையிலும் அலகுகளைப் பொறுத்தவரையில் ஒரு தெளிவான நிலைமையில்லை. நாட்டுக்கு நாடு, ஊருக்கு ஊர் தொழிலுக்குத் தொழில் அலகுகள் வேறுப் பட்டிருந்தன. அவையும் தெளிவாக வரையறுக்கப்படவில்லை. காட்டாக, அங்குலம் என்பது கட்டை விரலின் அகலத்தை யும், அடி என்பது ஆங்கில அரசனின் பாதத்தையும், முழம் என்பது நடுவிரல் நுனியிலிருந்து முழங்கை வரையுள்ள தூரத் தையும் குறிக்கும். இவ்வகை அலகுகளைக்கொண்டு அறிவியல் துறையில், திருத்தமான அளவீடுகள் செய்ய முடியாது. எனவே, 1791-ஆம் ஆண்டில் பிரெஞ்சு அறிவியல் கழகம் (French Academy of Sciences) நீளத்திற்கான ஓர் அலகினைத் தந்தது. இது மீட்டர் (Metre) எனப்படும். இது, பூமியின் முனையி லிருந்து (pole) பூமத்தியரேகை வரையுள்ள தூரத்தில் நூறு லட்சத்தில் ஒரு பங்கு ஆகும். இந்தத் தூரத்தைக் கண்டு பிடிப்பதற்காக அளவீடுகள் செய்யப்பெற்றன. அவற்றைக் கொண்டு ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு பிளாட்டின-இருடியக் கட்டை செய்யப்பட்டு அது பாரிசுக்கு அண்மையிலுள்ள ஸெவ்ரிஸ் (Sevres) எனுமிடத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பனி யின் உருகுநிலையில் இக்கட்டையின் மீதுள்ள இரு குறிகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரமே ஒரு மீட்டர் ஆகும். மீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்கு சென்டிமீட்டர்.

இவ்வாறே, ஸெவ்ரிஸில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட் டின இருடியத் துண்டின் பொருண்மை (Mass) ஒரு கிலோ கிராம் (Kilogram) எனப்படும். அதில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு கிராம் (gram) ஆகும். இது பொருண்மையின் அலகு.

காலத்தின் அலகு 'விநாடி' (Second) ஆகும். இது ஒரு சராசரி சூரிய நாளில் (Solar day) 86,400-ல் ஒரு பங்காகும்.

இவ்வாறாக நீளத்தை சென்டிமீட்டராலும், பொருண் மையை கிராமாலும், காலத்தை விநாடியாலும் அளக்கும் முறைக்கு மெட்ரிக் முறை (Metric System) எனப் பெயர். இம் முறையில் கையாளப்பெறும் மற்ற அலகுகள் இவற்றின் பெருக்கற் பலன்களாகும். அவை பக்கத்திலுள்ள அட்டவணை யில் கொடுக்கப்பெற்றுள்ளன.

மெட்ரிக் அலகுகள்

நீளம்	பொருண்மை	காலம்
10 மில்லி மீட்டர்கள் = 1 சென்டி மீட்டர்	10 மில்லி கிராம்கள் = 1 சென்டி கிராம்	60 விநாடிகள் = 1 நிமிடம்
10 சென்டி மீட்டர்கள் = 1 டெசி மீட்டர்	10 சென்டி கிராம்கள் = 1 டெசி கிராம்	60 நிமிடங்கள் = 1 மணி
10 டெசி மீட்டர்கள் = 1 மீட்டர்	10 டெசி கிராம்கள் = 1 கிராம்	24 மணி = 1 நாள்
10 மீட்டர்கள் = 1 டெக்கா மீட்டர்	10 கிராம்கள் = 1 டெக்கா கிராம்	365·25 நாள்கள் = 1 ஆண்டு
10 டெக்கா மீட்டர்கள் = 1 ஹெக்டா மீட்டர்	10 டெக்கா கிராம்கள் = 1 ஹெக்டா கிராம்	
10 ஹெக்டா மீட்டர்கள் = 1 கிலோ மீட்டர்	10 ஹெக்டா கிராம்கள் = 1 கிலோ கிராம்	
	1000 கிலோ கிராம் = 1 மெட்ரிக் டன்	

காலம் தவிர்த்த ஏனைய அலகுகள் பத்தின் பெருக்கங்களாக உள்ளது, இதன் பெரும் நன்மையாகும். இதனால் அறிவியல் துறையில் இம்முறை பெரிதும் பயன்படுகிறது. இருப்பினும் பல நாடுகளில் பிரிட்டிஷ் முறை யெனப்படும் வேறொரு முறையும் வழக்கத்திலுள்ளது. இதில் நீளத்தின் அலகு அடியாகும். இது ஒரு கெஜத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்காகும். இலண்டன் மாநகரில் வணிகக் குழுவின் அலுவலகத்தில் எப்போதும் 62°F வெப்ப நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வெண்கலக் கட்டையின் மீதுள்ள இரு கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரமே ஒரு கெஜம் எனத் திட்டம் செய்யப்பட்டுள்ளது.

இந்த முறையில் பொருண்மையின் அலகு பவுண்டு ஆகும். அதே வணிகக் குழுவின் அலுவலகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தூய பிளாட்டினத் துண்டின் பொருண்மையே ஒரு பவுண்டு எனத் திட்டம் செய்யப்பட்டுள்ளது.

இங்கும் நேரத்தின் அலகு விநாடிதான்.

பிரிட்டிஷ் முறை அலகுகளின் மற்றப் பெருக்கங்கள் கீழுள்ள அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பிரிட்டிஷ் அலகுகள்

நீளம்	பொருண்மை	காலம்
12 அங்குலங்கள் = 1 அடி	16 அவுன்சுகள் = 1 பவுண்டு	60 விநாடிகள் = 1 நிமிடம்
3 அடிகள் = 1 கெஜம்	28 பவுண்டுகள் = 1 குவார்ட்டர்	6) நிமிடங்கள் = 1 மணி
220 கெஜங்கள் = 1 பர்லாங்கு	4 குவார்ட்டர்கள் = 1 அந்தர்	12 மணிகள் = 1 நாள்
8 பர்லாங்குகள் = 1 மைல்	20 அந்தர்கள் = 1 டன்	365·25 நாள்கள் = 1 ஆண்டு

வழி அலகுகள்

பௌதிகத் துறையில் அளக்கப்பட வேண்டியவைப் பல வாகும். அவை ஒவ்வொன்றிற்கும் ஒவ்வொரு அலகு தேவை. ஒவ்வொன்றிற்கும் புதியதாக அலகுகளை மேலே கண்டவாறு உருவாக்கிக்கொண்டே போவது எவ்வளவு தொல்லை என்பது எளிதாகப் புலப்படும். அப்படியானால் எல்லாவற்றையும் எவ்வாறுதான் அளப்பது? ஆனால் சற்று நிதானமாக யோசித்துப்பார்த்தால் அளக்கப்படவேண்டிய பலவும் ஒன்றுக் கொன்று முற்றிலும் வேறுபட்டவையல்ல வென்பதும் ஒன்றோடொன்று நெருங்கிய தொடர்புடையனவே என்ப தும் தெற்றெனப் புலனாகும். காட்டாக ஒரு பொருளின் 'பரப்பளவு' (area) என்பது அதன் நீள அகலங்களின் பெருக்குத் தொகையே. எனவே இதனை அடி × அடி = சதுர அடி அல்லது சதுர சென்டிமீட்டர் என்னும் அலகால் அளக்க லாம். அவ்வாறே, ஒரு பொருளின் கன அளவு = நீளம் × அகலம் × உயரம். எனவே, இதனை அடி × அடி × அடி = கன அடி எனும் அலகால் அளக்கலாம். ஒரு பொருளின் அடர்த்தி (Density) என்பது அதன் பொருண்மைக்கும் கன அளவிற்கு முள்ள விகிதமே. எனவே, இதனை $\frac{\text{பவுண்டு}}{\text{கன அடி}}$ அதாவது ஒரு கன அடிக்கு இத்தனை பவுண்டு என அளக்கலாம். ஒரு காரின் வேகம் என்பது அது ஒரு மணி நேரத்தில் செல்லும் தூரமே. எனவே அதனை மணிக்கு இத்தனை மைல்கள் என்ற அலகால் அளக்கலாம். இவ்வாறு நாம் புதிது புதிதாக அலகுகளை வருவித்துக் கொள்ளலாம். இன்னும் நன்றாக நுணுகிப் பார்த்தால் எல்லா அளவுகளுமே நீளம், பொருண்மை, காலம் என்ற மூன்றின் தொகுதிகளாகவே காணப்பெறும். எனவே அடிப்படையான இந்த மூன்றிற்கும் அலகுகளைத் திட்டம் செய்துக்கொண்டால் போதுமானது; மற்ற அலகுகளை இம் மூன்றிலிருந்து வருவித்துக் கொள்ளலாம். எனவே இம் மூன்றும் 'அடிப்படை அலகுகள்' (Fundamental Units) என்றும் இவற்றின் வழியேப் பிறந்த ஏனைய அலகுகள் 'வழி அலகுகள்' (Derived Units) என்றும் அழைக்கப்பெறும்.

நீளத்தை அளத்தல்—வர்னியர்

நீளத்தை அளப்பதற்கு ஒரு மீட்டர் அளவுகோலையோ eter Scale) அல்லது அடி அளவுகோலையோ (Foot rule பயன்படுத்துகிறோம். மீட்டர் அளவுகோல் சாதாரணமாக சென்டி மீட்டர்களாகவும் மில்லி மீட்டர்களாகவும் பிரிக்கப்

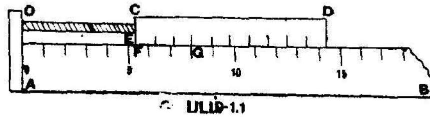
பட்டிருக்கும்; அடி அளவுகோல் அங்குலங்களாகவும் அங்குலத்தின் 10ன் பகுதிகளாகவும் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே இவற்றைக்கொண்டு ஒரு பொருளின் நீளத்தை மில்லிமீட்டருக்குத் திருத்தமாகவோ அல்லது $\frac{1}{10}$ அங்குலத்திற்குத் திருத்தமாகவோதான் அளக்க முடியும். இந்தச் சிறு அளவிற்கு அந்த அளவு கோலின் அதமளவை (Least count) எனப்பெயர். பொதுவாக எந்த ஒரு கருவியைக் கொண்டும் அளக்கப்படக்கூடிய மிகச் சிறு அளவு அக்கருவியின் அதமளவை எனப்படும். எனவே ஒரு மில்லிமீட்டருக்கும் குறைவான திருத்தத்துடன் ஒரு நீளத்தை அளக்க வேண்டில் சாதாரண மீட்டர் அளவு கோலைப் பயன்படுத்த முடியாது. இதற்கென அளவுகோலுடன் வர்னியர் அளவுகோல் (Vernier Scale) எனப்படும் வேறொரு துணை அளவுகோல் சேர்த்துப் பயன்படுத்தப் பெறுகிறது. இத்துணைக்கோலை முதன் முதல் உருவாக்கியவர் பிரெஞ்சு நாட்டுக் கணிதமேதை பியரி வர்னியர் (Pierre Vernier) என்பவராகும். எனவேதான் இதற்கு 'வர்னியர்' எனப்பெயர் வந்தது. வர்னியர் அளவு கோல்களில் இரு வகையுண்டு. அவையாவன: A வகை வர்னியர் அல்லது முன்னேக்கி அளக்கும் வர்னியர் (Forward Reading Vernier); B வகை வர்னியர் அல்லது பின்னேக்கி அளக்கும் வர்னியர் (Backward Reading Vernier). இதில் முந்தியதுதான் பெரும்பாலும் எல்லாவிடத்தும் பயன்படுகிறது. எனவே அதனைப்பற்றி மட்டிலும் பார்ப்போம்.

A வகை வர்னியர்

இதன் தத்துவத்தினை ஓர் எடுத்துக்காட்டின் வாயிலாகத் தெளிவாக விளக்கலாம். நம்மிடம் ஒரு மில்லிமீட்டருக்குத் திருத்தமாக அளக்கக்கூடிய ஒரு அளவுகோல் AB (படம் 1·1) இருப்பதாகக் கொள்வோம். இது முதன்மை அளவுகோல் (main scale) எனப்படும். இப்போது 9 மி.மீ. நீளமுடைய ஒரு வர்னியர் அளவுகோலைத் (CD) தயாரிக்க வேண்டும். இதனை 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கவேண்டும். இப்போது 10 வர்னியர் பிரிவுகள் 9 முதன்மை அளவுகோல் பிரிவுகளுக்கு, அதாவது, 9 மி.மீ. க்குச் சமம். எனவே, ஒவ்வொரு வர்னியர் பிரிவும் $\frac{9}{10}$ மி.மீ. ஆகையால் ஒரு முதன்மை அளவுகோல் பிரிவுக்கும் 1 வர்னியர் பிரிவுக்கும் உள்ள வேறுபாடு $1-\frac{9}{10}=\frac{1}{10}$ மு.அ.பி.=

$\frac{1}{10}$ மி.மீ. இதுதான் இந்த வர்னியரின் அதமளவை (least count) என நாம் எளிதில் காட்டலாம்.

OC என்கிற பொருளின் நீளத்தை அளக்கவேண்டின் அது முதன்மை அளவுகோலினை ஒட்டி அதன் ஒருமுனை முதன்மை அளவுகோலின் சுழியுடன் பொருந்திருக்குமாறு வைக்கவேண்டும். பொருளின் மறுமுனை (C) முதன்மை அளவு கோலின் 5-வது 6-வது பிரிவுகளுக்குக்கிடையேயுள்ளது. எனவே, பொருளின் நீளம் 5 மி.மீ. விட அதிகம், ஆனால்



படம்-1.1

6 மி.மீஐ விடக் குறைவு. பொருளின் நீளம் 5 மி.மீ.+EF. EF எனும் இச்சிறு தூரத்தைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு மேற்கூறிய வர்னியர் முதன்மை அளவுகோலின் பக்கத்தில், அதன் சுழியானது பொருளின் மறுமுனை (C) யோடு ஒன்றி யிருக்குமாறு வைக்கப்படுகின்றது. இப்போது வர்னியரில் மூன்றாவது பிரிவு முதன்மை அளவுகோலின் ஏதோ ஒரு பிரி வுடன் (படத்தில் 8-வது பிரிவு) ஒன்றியிருக்கின்றது. எனவே,

$$EF = EG - FG$$

= 3 மு.அ.பி. − 3 வ.அ.பி.

= 3 (1 மு.அ.பி. − 1 வ.அ.பி.)

= 3 ($\frac{1}{10}$) மு. அ. பி.

= 0·3 மு.அ.பி. = 0·3 மி.மீ.

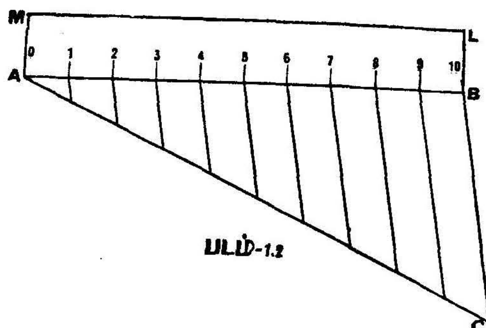
எனவே, பொருளின் சரியான நீளம் = 5·3 மி.மீ.

மேற்கூறிய எடுத்துக்காட்டில் வர்னியர் ஒன்றிப்பு (Vernier Coincidence) அதாவது, வர்னியர் அளவுகோலின் எத்தனை யாவது பிரிவு முதன்மை அளவுகோலின் ஏதோ ஒரு பிரிவுடன் ஒன்றியிருக்கிறது என்பது 3 ஆகும். அது, 2 ஆக இருந்திருக்கு மானால் EF=0·2 மி.மீ; 1 ஆக இருந்திருக்குமானால் EF=0·1 மி.மீ. இதுதான் இந்த வர்னியரைக்கொண்டு அளக்கக்கூடிய மிகச்சிறிய தூரமாகும். எனவே இந்த வர்னியரின் அத மளவை 0·1 மி.மீ. = 1 மு.அ.பி. − 1 வ.அ.பி.

மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டில் $\frac{1}{10}$ மு.அ.பி. க்குத் திருத்தமாக அளக்க 9 மு.அ.பி. நீளமுடைய வர்னியர் 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டது. அவ்வாறே $\frac{1}{20}$ மு.அ.பி. க்குத் திருத்தமாக அளக்க வேண்டிய 19 மு.அ.பி. நீளமுடைய வர்னியரை எடுத்துக்கொண்டு 20 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்க வேண்டும். பொதுவாகக் கூறின், $\frac{1}{n}$ மு.அ.பி. க்குத் திருத்தமாக அளக்க $(n-1)$ பிரிவுகள் நீளமுடைய வர்னியரை n சம பகுதிகளாகப் பிரிக்க வேண்டும்.

A வகை வர்னியர் அமைக்கும் முறை

0·2 செ.மீ. களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு முதன்மை அளவுகோலோடு பயன்படுத்தி 0·2 மி.மீ. க்குத் திருத்தமாக அளக்கக்கூடிய ஒரு வர்னியர் அளவுகோலை அமைக்க வேண்டுமெனக் கொள்வோம். ஒரு வெள்ளைக் காகித அட்டையின்மீது 9 மு.அ.பி. (=1·8 செ.மீ.)



படம்-1.2

நீளமுடைய AB எனும் ஒரு நேர்கோட்டினை வரைய வேண்டும். A லிருந்து AB க்கு ஒரு குறுங்கோணத்தில் (acute angle) சாய்ந்துள்ள மற்றொரு நேர்கோட்டினை வரையவேண்டும். இதன் மீது 10 சம நீளமுடைய பிரிவுகளைக் குறிக்கவேண்டும். பிறகு 10-வது பிரிவினை (C) B யுடன் சேர்க்கவேண்டும். ACன் மீதுள்ள மற்ற பிரிவுகளிலிருந்து BCக்கு இணைகோடுகள் வரைந்தால் அவை AB யைப் பத்து சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கும். A லிருந்து ஆரம்பித்து 0, 1, 2 என அளவுக் குறியீடு செய்ய வேண்டும். $ABLM$ என்ற செவ்வகமாக அட்டையை வெட்டி எடுத்துக் கொள்ளலாம். இதுதான் நமக்குத் தேவையான வர்னியர் அளவுகோல்.

இதன் அதமவளவை = 1 மு.அ.பி. − 1 வ.அ.பி.

$$= 1 - \frac{9}{10} \text{ மு.அ.பி.}$$

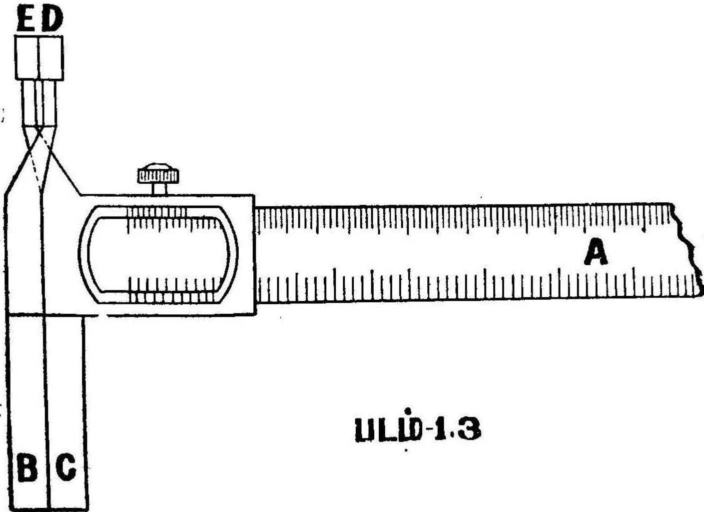
$$= \frac{1}{10} \text{ மு.அ.பி.}$$

$$= \frac{1}{10} \times 0{\cdot}2 \text{ செ.மீ.}$$

$$= 0{\cdot}2 \text{ மி.மீ.}$$

வர்னியர் காலிப்பர்ஸ் (Slide Calipers or Vernier Calipers)

இது முன்னேக்கி அளக்கும் *A* வகை வர்னியரின் தத்துவத்தைக் கையாளுகின்ற ஒரு எஃகு அளவு கோலை (*A*) (படம் 1.3) உடையது. இந்தக் கோலின் ஒரு விளிம்பு மி. மீ. களாகவும் மற்றொரு விளிம்பு அங்குலத்தின் பிரிவுகளாகவும் அளவுக்குறியீடு பெய்யப்பட்டுள்ளது. இதன் ஒரு முனையில் ஒரு தாடை (Jaw) *B* நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு தாடை C யானது அளவுகோலின்மீது நழுவிச் செல்வதற்கேற்பப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதனை அளவு கோலின் மீது நாம் விரும்பும் எந்தவிடத்திலும் ஒரு திருகின் (*S*) துணை



படம்-1.3

கொண்டு இறுகப் பொருத்தலாம். எஃகு கோலிலுள்ள இரு முதன்மை அளவுகோல்களுக்குமான இரு வர்னியர்கள் இந்த நழுவும் தாடையில்தான் குறிக்கப்பெற்றுள்ளன. இரு தாடை

களும் அவற்றிற்கிடையே இடைவெளி இல்லாமல் ஒன்றை யொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் நிலையில் எந்தவொரு முதன்மை அளவுகோலின் சுழியும் அதற்கான வர்னியர் அளவு கோலின் சுழியோடு ஒன்றியிருக்கும் (Coincide). அவ்வாறில்லாவிடில் கருவியில் ஆரம்பப்பிழை (Zero error) உள்ளதாகக் கருதப்படும். கருவியினைப் பயன்படுத்தும்போது இப்பிழையினைக் கண்டு அதனை ஒவ்வோர் அளவுடனும் சேர்த்துக் கணக்கிடவேண்டும்.

உள்ளீடற்ற பொருள்களின் (Hollow objects) உள்விட்டங்களைக் கண்டறிவதற்காக இதன் தாடைகள் உச்சியில் தகுந்த முறையில் நீட்டப்பெற்றிருக்கின்றன (D, E).

இந்த வர்னியர் காலிப்பர்சைக் கொண்டு பொருள்களின் நீளம், விட்டம் போன்றவற்றையும் உள்ளீடற்ற பொருள்களின் உள்விட்டங்களையும் திருத்தமாகக் கண்டறியலாம்.

சோதனை 1.1

வர்னியர் காலிப்பர்சைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் நீளம் அல்லது விட்டத்தை அளத்தல்.

பொருளின் நீளத்தைக் காண்பதற்கு முயலுவதற்கு முன்னால் வர்னியர் காலிப்பர்சின் அதமவளவையையும் அதன் தொடக்கப் பிழையையும் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். இதற்காக, அதன் முதன்மை அளவுகோலைப் பார்த்து அதில் ஒரு பிரிவின் மதிப்பைக் (1 மு.அ.பி.) காணவேண்டும். பின்னர் இரு தாடைகளையும் ஒன்றையொன்றுத் தொடுமாறு செய்து வர்னியரின் நீளத்தையும் வர்னியரில் உள்ள பிரிவுகளையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இவற்றிலிருந்து கீழ்க்கண்டவாறு அதன் அதமவளவையைக் கணக்கிடலாம்.

முதன்மை அளவுகோலில் ஒருபிரிவின் மதிப்பு =

வர்னியரின் நீளம் =

வர்னியரிலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை =

ஒரு வர்னியர் அளவுகோல் பிரிவின் மதிப்பு =

வர்னியரின் அதமவளவை = 1 மு.அ.பி.—1 வ.அ.பி.

=

காட்டாக, ஒரு வர்னியர் காலிப்பர்சின் முதன்மை அளவு கோலின் ஒவ்வொரு பிரிவும் 1 மி. மீ. ஆகவும், வர்னியரின் நீளம் 9 மி.மீ. ஆகவும், வர்னியரில் மொத்தம் 10 பிரிவுகள் உள்ள தெனவும் கொண்டால் அதன் அதமளவை = 0.1 மி.மீ. அல்லது 0 0 1 செ.மீ. எனக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

இப்போது தொடக்கப் பிழையைக் கண்டறிவதற்காக இரு தாடைகளையும் ஒன்றையொன்று தொடுமாறு செய்ய வேண்டும். வர்னியரின் சுழி அளவு முதன்மை அளவு கோலின் சுழியோடு ஒன்றியிருந்தால் தொடக்கப்பிழை இல்லை. வர்னி யரின் சுழி முதன்மை அளவுகோலின் சுழியை முந்தி இருக்கு மானல் பிழை கூடுதல் பிழையாகும்; (Positive error) அவ்வா றின்றி, பிந்தி இருக்குமானல் அது கழித்தல் பிழையாகும், (Negative error). கூடுதல் பிழையானல் வர்னியர் அளவுகோலின் எத்தனையாவது பிரிவு ஏதோவொரு முதன்மை அளவுகோல் பிரிவுடன் ஒன்றியிருக்கிறது என, அதாவது, வர்னியர் ஒன்றிப் பினைக் காணவேண்டும். அப்போது,

தொடக்கப்பிழை = + வர்னியர் ஒன்றிப்பு × வர்னியரின். அதமவளவை:

கழித்தல் பிழையாக இருந்தால்,

தொடக்கப்பிழை = — (வர்னியரில் உள்ள மொத்தப்பிரிவு கள்—வர்னியர் ஒன்றிப்பு) × வர்னி யரின் அதமவளவை.

பிழை கூடுதல் பிழையானல் திருத்தம் கழித்தல் திருத்தமாகும். அதாவது கண்டறிந்த மதிப்பிலிருந்து பிழையைக் கழிக்க வேண்டும். கழித்தல் பிழையாக இருந்தால் திருத்தம் கூடுதல் திருத்தம் அதாவது, கண்டறிந்த மதிப்போடு பிழையைக் கூட்ட வேண்டும். பொதுவாக பிழை எத்தன்மைத்தாயினும் அதனை அதற்குரிய குறியோடு கண்டறிந்த அளவிலிருந்து கழிக்க திருத் தமான மதிப்பு கிட்டும்.

காட்டாக, மேலே எடுத்துக்கொண்ட எடுத்துக்காட்டில் வர்னியரின் அதமவளவை 0.01 செ. மீ. இப்போது இரு தாடை களும் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது வர்னியரின் சுழியானது முதன்மை அளவுகோலின் மூன்ருவது பிரிவுடன் ஒன்றியிருக்குமானல் பிழை கூடுதல்பிழை அப்போது,

தொடக்கப்பிழை = வர்னியர் ஒன்றிப்பு × அதமவளவை

$= +3 \times 0.01 = +0.03$ செ. மீ.

இந்த வர்னியர் காலிப்பர்சைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் நீளத்தை அளக்கும்போது கிட்டிய அளவு 5.38 செ. மீ. ஆனுல், அதன் சரியான அளவு = கண்டறிந்த அளவு-தொடக்கப்பிழை

$= 5.38 - 0.03$

$= 5.35$ செ. மீ.

மேலே எடுத்துக்கொண்ட அதேமாதிரியான பிறிதொரு வர்னியர் காலிப்பர்சில் இரு தாடைகளும் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது வர்னியரின் 7-வது பிரிவு முதன்மை அளவுகோலின் சுழியோடு ஒன்றியிருக்குமானுல்,

தொடக்கப்பிழை = − (வர்னியரிலுள்ள மொத்தப்பிரிவுகள் − வர்னியர் ஒன்றிப்பு) × அதமவளவை

$= -(10 - 7) \times 0.01$

$= -3 \times 0.01$

$= -0.03$ செ. மீ.

இந்த வர்னியர் காலிப்பர்சைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் நீளம் 5.32 செ. மீ. என அளந்தால், அதன்

சரியான அளவு = கண்டறிந்த அளவு − தொடக்கப்பிழை.

$= 5.32 - (-0.03)$

$= 5.32 + 0.03$

$= 5.35$ செ. மீ.

இவ்வாருக, வர்னியரின் அதமவளவையையும், தொடக்கப் பிழையையும் கண்டறிந்த பிறகு எப்பொருளின் நீளத்தைக் காணவேண்டுமோ அதனை இரு தாடைகளுக்குமிடையே வைத்து அதிக இறுக்கமாக இல்லாமல் தாடைகள் அதனைப்

பிடித்துக் கொண்டு இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். பிறகு, முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவைக் (வர்னியரின் சுழி முதன்மை அளவுகோலின் ஏதேனும் இரு பிரிவுகளுக்கு இடையே இருக்கும். அதில் சிறிய பிரிவு காட்டும் அளவு) குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். (மு.அ.அ.); வர்னியர் ஒன்றிப்பினையும் காணவேண்டும். அப்போது,

கண்டறிந்த அளவு = முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவு + வர்னியர் ஒன்றிப்பு × வர்னியரின் அதமவளவை

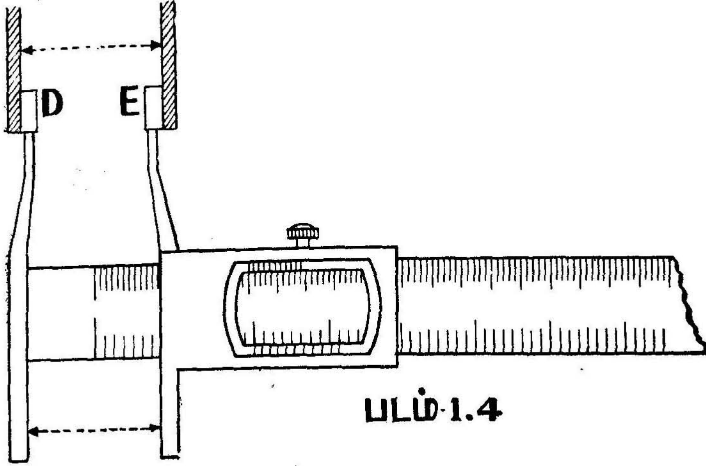
இத்துடன் தொடக்கப் பிழையை முன்னர் விளக்கியவாறு சேர்த்துக் கணக்கிட்டால் பொருளின் சரியான நீளம் கிடைக்கும். பொருளை பலவேறு நிலைகளிலும் தாடைகட்கிடையே வைத்து இச்சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து, குறிப்புகள் எடுத்து, சராசரி நீளத்தைக் கணக்கிடலாம். குறிப்புகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

அளக்கப் படும் அளவு	மு.அ. அ. செ.மீல்	வ.ஒ. பிரிவுகளில்	கண்டறியும் அளவு மு.அ.அ + வ.ஒ × வ.அ	திருத்தமான அளவு
			சராசரி=	

பின்குறிப்பு:—(i) விட்டத்தை அளக்கும்போது பொருளை முதலில் ஓர் நிலையில் வைத்து விட்டத்தைக் காணவேண்டும். பிறகு முதல் நிலைக்கு நேர்குத்தான நிலையில்வைத்து சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவேண்டும்.

(ii) உள்ளீடற்ற ஓர் உருளையில் விட்டத்தை அளக்கவேண்டில் தாடைகளின் நீட்டப்பெற்ற பகுதிகளை உருளையினுள் நுழைத்து தாடைகளை ஒன்றைவிட்டு ஒன்று விலகுமாறு இழுத்

தால் படத்தில் (படம் 1.4) காட்டியுள்ளதுபோல் தாடைகளின் வெளிப்புற விளிம்புகள் (D, E) உருளையின் சுவரைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். இந்த நிலையில் முன்போல் கண்டறியப்படும் அளவு உருளையின் உள்விட்டத்தைக் கொடுக்கும்.



படம் 1.4

மைக்ராமீட்டர் திருகின் தத்துவம்

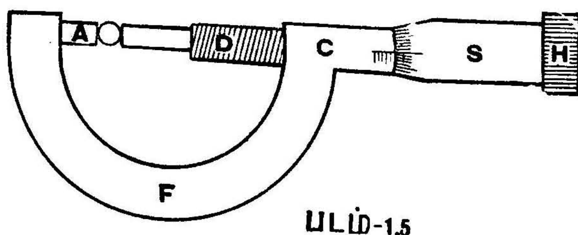
மைக்ராமீட்டர் திருகு என்பது ஒரு மரையினுள் (nut) இயங்கும் தரமான ஒரு திருகாணியாகும். இதன் தலைப்பகுதியை ஒரு முழுச்சுற்றுத் திருப்பினால் அதன் நுனி எப்போதும் ஒரு குறிப்பிட்டத் தூரமே முன்னோ அல்லது பின்னோ செல்லும். இந்தத் தூரமானது அத்திருகின் அடுத்தடுத்துள்ள ஏதேனுமிரு புரிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்திற்குச் (இத்தூரம் திருகின் அச்சிற்கு இணையான திசையில் அளக்கப்படவேண்டும்) சமமாகும். இத்தூரத்திற்கு திருகின் புரியிடைத்தூரம் (Pitch) எனப்பெயர்.

திருகின் தலையை நூறு சமபகுதிகளாகப் பிரித்தோமானால், திருகின் தலையை ஒரு பிரிவு சுழற்றினால் அதன் நுனியானது புரியிடைத்தூரத்தில் நூறில் ஒரு பங்கு தூரம் செல்லும் என்பது தெளிவு. திருகினைக்கொண்டு அளக்கக்கூடிய மிகச்சிறு தூரம் இதுவேயானதால் இது திருகின் அதமவளவையாகும். பொதுவாக, திருகின் தலையை 'n' சமபகுதிகளாகப் பிரித்தால்

அதன் அதமவளவை $= \frac{1}{n} \times$ புரியிடைத்தூரம்.

திருகுமானி (Screw gauge)

இது மைக்ராமீட்டர் திருகின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தும் ஓர் அளவு கருவியாகும். இதைக்கொண்டு வர்னியரால் அளப்பதைவிட மிகவும் நுட்பமாக அளக்கலாம். மெல்லிய தகடுகளின் கனம் போன்றவற்றை மிகத்திருத்தமாக அளக்கக் கூடும். இது '*U*' வடிவத்திலுள்ள ஓர் உலோகச் சட்டத்தால் (*F*) ஆனது. (படம். 1.5). இதன் ஒரு முனையில் ஒரு குமிழ் (*A*) உள்ளது. இக்குமிழின் முகப்பு சமதளமாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சட்டத்தின் மறு முனையில் உள்ளீடற்ற ஒரு உருளை (*C*) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இவ்வுருளையின் உட்புறம் வெட்டப்பட்டுள்ள திருகிழையூடே ஒரு திருகு (*D*) இயங்குகிறது. இத்திருகின் ஒரு முனையில் ஒரு சிறு தண்டு (Shaft) பொருத்தப் பெற்றுள்ளது. இத்தண்டின்முனை சமதளமாக்கப்பட்டுள்ளது.



படம்-1.5

தண்டின் முனையும் குமிழ் முகப்பும் ஒரேமாதிரி சமதளமாக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, ஒன்றையொன்று தொடும்போது இடைவெளி உண்டாவதில்லை. திருகின் மறுமுனையில் ஒரு குழல் (Sleeve) (*S*) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் விளிம்பு சரிவாகச் செய்யப்பட்டு (bevelled) 50 அல்லது 100 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்குத் தலை அளவுகோல் (Head Scale) எனப்பெயர். உருளை (*C*)யின்மீது அதன் அச்சிற்கு இணையாக ஒரு மில்லிமீட்டர் அளவுகோல் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இது புரி அளவுகோல் (Pitch Scale) எனப்பெறும்.

திருகின் தலையைச் சுழற்றினால் திருகு நகர்ந்து குமிழ் முகப்பினைத் தொடும். இந்த நிலையில் புரி அளவுகோலின் சுழி, தலை அளவுகோலின் சுழியோடு ஒன்றியிருக்கும். அவ்வாறில்லாவிடில் கருவியில் தொடக்கப்பிழையிருக்கின்றது. இதனைக் கொண்டு அளவீடு செய்யும்போது இப்பிழையினைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

திருகின் தண்டு குமிழ் முகப்பினைத்தொட்டபிறகும் திருகின் தலையினை மேலும் மேலும் சுழற்றினால் திருகு பாழ்பட்டுப் போய்விடும் அல்லவா? இதைத் தவிர்ப்பதற்காகவேண்டி, திருகின் தலையானது வரிவரியாகச் செய்யப்பட்டுள்ள (H) எனும் முனையோடு நேராக இணைக்கப்படாமல் ஒரு வில், ஒரு பற்சக்கர அமைப்பு ஆகியவற்றின் வழியே சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் திருகின்முனை குமிழ் முகப்பையோ அல்லது வேறு பொருளின்மீது படும்போதோ H ஐ மேலும் சுழற்றினால் திருகு சுழலாமல் நின்றுவிடும் — H மட்டும் சுழன்றுகொண்டே இருக்கும்.

சோதனை 1.2

திருகுமானியைக் கொண்டு ஒருமெல்லிய கம்பியின் விட்டம், ஒரு கண்ணாடித்துண்டின் கனம் ஆகியவற்றை அளத்தல்.

முதலாவதாக திருகுமானியின் அதமவளவையும் தொடக்கப் பிழையையும் காணவேண்டும். இதற்காக, புரி அளவுகோலை ஆய்ந்து அதில் ஒருபிரிவின் மதிப்பைக் காணவேண்டும். பிறகு, தலை அளவுகோலின் சுழியானது புரி அளவுகோலின் ஏதாவதொரு பிரிவுக்கு நேராக இருக்கும்படி வைத்து திருகின் தலையை 10 முழுச்சுற்றுகள் சுற்றவேண்டும். இதனால் புரி அளவுகோலில் எவ்வளவுதூரம் நகர்ந்துள்ளது என்று காணவேண்டும். பின்னர் தலை அளவுகோலில் மொத்தம் எத்தனைப் பிரிவுகள் உள்ளன எனக்காணவேண்டும். இவற்றிலிருந்து அதமவளவினைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

புரி அளவுகோலில் ஒரு பிரிவின் மதிப்பு =

10 சுழற்சிகளுக்கு புரி அளவுகோலில் நகர்ந்த தூரம் =

புரியிடைத் தூரம் = $\dfrac{\text{நகர்ந்த தூரம்}}{\text{சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கை}}$

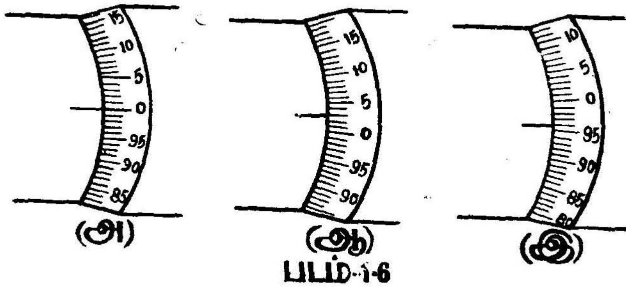
தலை அளவுகோலில் உள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை =

அதமவளவை = $\dfrac{\text{புரியிடைத்தூரம்}}{\text{தலை அளவுகோலில் உள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}$

=

காட்டாக, ஒரு திருகுமானியின் புரிஅளவுகோலில் ஒவ்வொரு பிரிவும் 1 மி.மீ. ஆகவும், அதன் தலையை 10 முறை சுழற்ற புரி அளவுகோலில் 10 மி. மீ. நகருவதாகவும் இருந்தால், அதன் புரியிடைத்தூரம் = $\frac{10}{10}$ = 1 மி. மீ. அதன் தலை அளவுகோலில் 100 சம பிரிவுகள் இருந்தால் அதன் அதமவளவை = $\frac{1}{100}$ = 0·01 மி. மீ.

தொடக்கப் பிழையைக் காண்பதற்கு திருகும் குமிழ் முகப்பும் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். அப்போது இரு அளவுகோல்களின் சுழிகளும் ஒன்றியிருந்தால் தொடக்கப்பிழை இல்லை (படம் 1.6 அ). அவ்



படம் 1·6

வாறின்றி, தலை அளவுகோலின் சுழியானது புரி அளவுகோல் கோட்டிற்குக் கீழே இருந்தால் கூடுதல் பிழையாகும். இந்த நிலையில் தலை அளவுகோல்காட்டும் அளவினை அதமவளவையால் பெருக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பு பிழையாகும். காட்டாக மேலே எடுத்துக்கொண்ட திருகுமானியில் திருகும் குமிழ் முகப்பும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது தலை அளவுகோல் காட்டும் அளவு 3 பிரிவுகள் (படம் 1.6. ஆ). இப்போது,

தொடக்கப்பிழை = + தலை அளவுகோல் பிரிவு × அதமவளவை

= + 3 × 0·01 = + 0·03 மி.மீ.

இதனைக் கொண்டு ஒரு கம்பியின் விட்டம் 1·15 மி.மீ. என அளந்தால், அதன்

சரியான விட்டம் = கண்டறிந்த அளவு − தொடக்கப்பிழை

= 1·15 − 0·03 = 1·12 மி. மீ.

அவ்வாறின்றி, திருகும் குமிழ் முகப்பும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது படம் 1·6. (இ)ல் காட்டியுள்ளதுபோல் தலை

அளவுகோலின் சுழியானது புரி அளவுகோல் கோட்டிற்கு மேலே இருந்தால் பிழை கழித்தல் பிழையாகும். இந்த

கழித்தல் பிழை = – (தலை அளவு கோலிலுள்ள மொத்தப் பிரிவுகள் – தலை அளவுகோல் காட்டும் அளவு) × அதமவளவை

= – (100–96) × 0·01

= – 4×0·1 = – 0·04 மி.மீ.

எனவே, இதனைக் கொண்டு ஒரு கம்பியின் விட்டம் 1·08 மி.மீ. என அளந்தால், அதன்

திருத்தமான விட்டம்= கண்டறிந்த அளவு–தொடக்கப்பிழை

= 1·08–(–0·04)

= 1·08+0·04

= 1·12 மி. மீ.

இவ்வாறாக, அதமவளவையையும் தொடக்கப் பிழையையும் கணக்கிட்ட பின்னர் பொருள்களை குமிழ் முகப்பிற்கும் திருகிற்கும் இடையே வைத்து கெட்டியாக இல்லாமல் இலேசாகப் பிடித்துக் கொண்டிருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இப்போது, புரி அளவுகோல் காட்டும் அளவையும், தலை அளவுகோல் பிரிவையும் (அதாவது, தலை அளவுகோலின் எத்தனையாவது பிரிவு புரிஅளவுகோல் கோட்டிற்கு நேராக உள்ளது என்பது) குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.

கண்டறிந்த அளவு = புரிஅளவுகோல் காட்டும் அளவு + தலை அளவுகோல் பிரிவு × அதமவளவை.

இதனுடன் முற்கூறியவாறு தொடக்கப்பிழையைச் சேர்த்துக் கணக்கிட பொருளின் சரியான விட்டம் அல்லது கனம் கிடைக்கும்.

பொருளை பல்வேறு நிலைகளில் வைத்து சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி விட்டம் அல்லது கனத்தைக்

கண்டுபிடிக்கலாம். எடுக்கும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

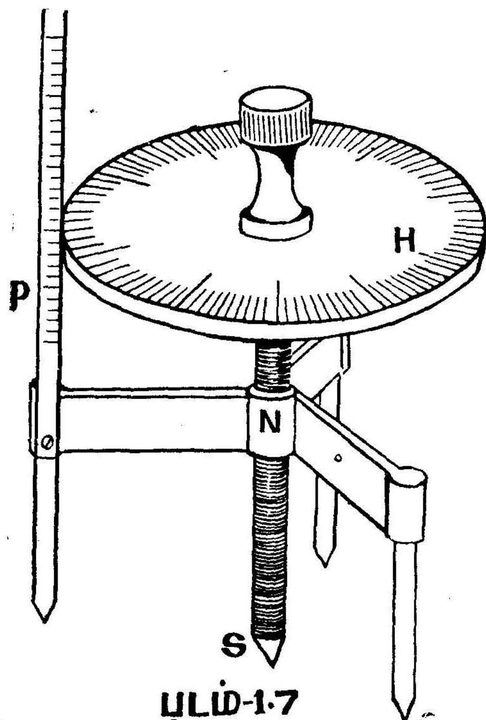
அளக்கப் பெறும் அளவு	புரி அளவுகோல் காட்டும் அளவு	தலை அளவு கோல்பிரிவு	கண்டறியும் அளவு	திருத்தமான அளவு
			சராசரி =	

குறிப்பு : கம்பியின் விட்டத்தைக் கணக்கிடும்போது ஏதேனும் ஒரு நிலையில் கம்பியினை வைத்து ஒரு முறையும் அதற்கு நேர்குத்தாகத் திருப்பி மறுமுறையும் எனசோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

கோளமானி (Spherometer)

திருகுமானியைப்போலவே இதுவும் மைக்ராமீட்டர் திருகு தத்துவத்தின் அடிப்படையிலேயே அமைந்தது. இது ஒரு முக்காலியால் (Tripod) ஆனது. (படம் 1.7) அதன் மூன்று கால்களும் ஒரே உயரமுடையனவாகவும் அவற்றின் கூரிய முனைகள் ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் (equilateral triangle) உச்சிகளில் இருக்குமாறும் அமைக்கப்பெற்றிருக்கும். இம் முக்காலியின் மையத்தில் ஒரு மரை (N) உள்ளது. இந்த மரையின் ஊடே ஒரு திருகு இயங்குகின்றது. இத்திருகின் ஒரு முனை (S) கூர்மையாக இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மறுமுனையானது குறுக்கு சால்வரியிடப்பெற்ற தலைப் பகுதியுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. தலைப் பகுதிக்குச் சற்று கீழே ஒரு பெரிய வட்டமான தட்டு உள்ளது. இதன் விளிம்பு 50 அல்லது 100 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். இது தலை அளவுகோல் (H) ஆகும். இதனை ஒட்டி செங்குத்தாக இருக்குமாறு புரி அளவு கோல் (P) ஏதேனும் ஒரு காலுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது ஒரு மில்லிமீட்டர் அளவு கோலாகும்.

கோளமானியானது கோளப்பரப்புகளின் வளைவு ஆரங்களைக் (Radii of curvature) காண்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படும்;



படம்-1·7

சிறு கண்ணாடித் துண்டு போன்றவற்றின் கனத்தையும் இதனைக் கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம்.

சோதனை 1·3

கோளமானியைக் கொண்டு ஒரு சிறு கண்ணாடித் துண்டின் கனத்தைக் கண்டு பிடித்தல்,

முதலில் கோளமானியின் அதமவளவையைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இதற்காக அதன் புரிஅளவுகோலைக் கவனித்து அதில் ஒரு பிரிவின் மதிப்பைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். தலை அளவுகோலின் சுழி, புரிஅளவுகோலில் ஏதேனும் ஒரு பிரிவுக்கு நேராக இருக்கும்படி வைத்துக்கொண்டு திருகின்

தலையினை 10 முழுச்சுற்றுகள் சுற்றவேண்டும். இதனால் புரி அளவுகோலில் நகரும் தூரத்தையும், தலை அளவுகோலில் உள்ள பிரிவுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

புரிஅளவுகோலில் ஒரு பிரிவின் மதிப்பு =

10 சுற்றுகளுக்கு நகரும் தூரம் =

புரியிடைத் தூரம் $= \dfrac{\text{நகர்ந்த தூரம்}}{\text{சுற்றுகள்}}$

தலை அளவுகோலில் உள்ள மொத்த பிரிவுகள் =

அதமவளவை $= \dfrac{\text{புரியிடைத்தூரம்}}{\text{தலை அளவுகோலில் உள்ள மொத்த பிரிவுகள்}}$

அடுத்து மூன்று கால்களும் திருகும் ஒரே தளத்தில் இருக்கும்போது கோளமானி காட்டும் அளவைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இந்த அளவிற்கு தொடக்க அளவு (zero reading) எனப்பெயர். இதற்கான, கோளமானியை, இடையாக வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு சமதள கண்ணாடித் தட்டின்மீது வைக்க வேண்டும். திருகினை கீழ்நோக்கிச் செல்லுமாறு சுழற்ற வேண்டும். திருகின் நுனி தட்டினைத் தொட்ட பிறகும் சுழற்றினால் கோளமானியானது திருகின்மீது சுழல ஆரம்பிக்கும். (மூன்று கால்களும் தொட்டுக்கொண்டிருக்காது) இந்த நிலையில் திருகினை சற்றுப் பின்புறம் சுழற்றினால் மூன்று கால்களும் திருகும் தட்டினைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். இப்போது புரிஅளவுகோல் காட்டும் அளவையும், அதற்கு நேராக உள்ள தலை அளவுகோல் பிரிவையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அப்போது, தொடக்க அளவு = புரிஅளவுகோல் காட்டும் அளவு + தலைஅளவுகோல் பிரிவு × அதமவளவை = x

இந்நிலையில் திருகினைப் பின்புறமாகச் சுழற்றி அது தட்டிலிருந்து நன்கு உயர்ந்திருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். இதனால் திருகிற்கும் தட்டிற்கும் இடையே ஏற்படும் இடைவெளியில் ஆய்வுக்குட்பட்ட கண்ணாடித் துண்டினை வைக்கவேண்டும். பிறகு திருகினை முன்னோக்கிச் சுழற்றி அதன் நுனி கண்ணாடித் துண்டின் மேற்புறத்தைத் தொடுமாறு செய்யவேண்டும். அப்

போது புரிஅளவுகோல், தலைஅளவுகோல் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

கண்ணாடித் துண்டினை நுழைத்த பின் காட்டும் அளவு } = புரிஅளவுகோல் காட்டும் அளவு
+ தலைஅளவுகோல் பிரிவு × நுட்பஅளவு
$= y$

இப்போது,

கண்ணாடித்துண்டின் கனம் $= y - x$

திருகின் நுனி கண்ணாடித்துண்டின் மேற்பரப்பை வெவ்வேறு இடங்களில் தொடுமாறு வைத்து சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து கண்ணாடித் துண்டின் சராசரி கனத்தைக் கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. ஒரு அளவுகோலில் ஒவ்வொரு அங்குலமும் 20 சமபகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. 0.002 அங்குலத்திற்குத் திருத்தமாக அளக்க ஒரு வர்னியரை எவ்வாறு அமைப்பாய்?

முதன்மை அளவுகோல் பிரிவு $= \frac{1}{20}$ அங்குலம்

தேவையான அதமவளவு $= 0.002$ அங்குலம்

$= \frac{1}{500}$ அங்குலம்

$= \frac{1}{500} \div \frac{1}{20}$ மு.அ.பி.

$= \frac{1}{25}$ மு.அ.பி.

ஆனால், அதமவளவை $= 1$ மு.அ.பி. $- 1$ வ. அ. பி.

எனவே, $\frac{1}{25}$ மு.அ.பி. $= 1$ மு.அ.பி. $- 1$ வ.அ.பி.

அல்லது, 1 வ.அ.பி. $= 1 - \frac{1}{25}$ மு.அ.பி.

அல்லது, 1 வ.அ.பி. $= \frac{24}{25}$ மு.அ.பி.

அல்லது, 25 வ.அ.பி. $=$ 24 மு.அ.பி.

எனவே 24 முதன்மை அளவுகோல் பிரிவுகளை அதாவது, 1.2 அங்குலத்தை வர்னியரின் நீளமாக எடுத்துக்கொண்டு, அதனை 25 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கவேண்டும்.

2. ஒரு ஃபார்ட்டின் பாரமானியின் அளவுகோல் மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. 19 மில்லிமீட்டர் நீளமுடைய வர்னியர் 20 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் அதமவளவை என்ன? ஒருகுறிப்பிட்ட நிலையில் வர்னியரின் சுழி 75.5 செ.மீ.க்கும் 76.6 செ.மீ.க்கும் இடையில் இருந்தது: வர்னியர் ஒன்றிப்பு 15. அப்போது பாரமானி காட்டிய அளவு என்ன?

ஒரு முதன்மை அளவுகோல் பிரிவு

$= 1$ மி. மீ. $= 0.1$ செ. மீ.

வர்னிய அளவுகோலின் நீளம் $= 19$ மு.அ.பி.

வர்னியரிலுள்ள பிரிவுகள் $= 20$

எனவே, ஒரு வர்னியர் அளவுகோல் பிரிவு $= \frac{19}{20}$ மு.அ.பி.

அதமவளவை $= 1$ மு.அ.பி.—1வ.அ.பி.

எனவே, அதமவளவை $= 1 - \frac{19}{20}$ மு.அ.பி.

$= \frac{1}{20}$ மு.அ.பி,

$= \frac{1}{20} \times 0.1$ செ.மீ.

$= 0.005$ செ.மீ.

முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவு $= 75.6$ செ.மீ.

வர்னியர் ஒன்றிப்பு $= 15$

பாரமானி காட்டும் அளவு = முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவு + வர்னியர் ஒன்றிப்பு × அதமவளவை

$= 75.6 + 15 \times 0.005$

$= 75.675$ செ.மீ.

3. ஒரு திருகுமானியின் புரிஅளவுகோலில் ஒவ்வொரு அங்குலமும் 20 சம பகுதிகளாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் தலையை 10 முழுச் சுற்றுகள் சுழற்றினால் புரிஅளவுகோலில் 10

பிரிவுகள் நகருகின்றன. தலைஅளவுகோலில் 50 சம பகுதிகள் இருக்குமாஞல் அதன் அதமவளவை என்ன?

புரிஅளவுகோலில் ஒரு பிரிவு $= \frac{1}{20}$ அங்குலம்

10 சுற்றுகளுக்கு நகரும் தூரம் $= 10 \times \frac{1}{20}$ அங்குலம்

$= 0.5$ அங்குலம்

எனவே, புரியிடைத்தூரம் $=$ நகரும் தூரம் / சுற்றுகள்

$= \frac{0.5}{10} = 0{\cdot}05$ அங்குலம்

தலைஅளவுகோலிலுள்ள பிரிவுகள் $= 50$

எனவே, அதமவளவை $=$ புரியிடைத்தூரம் / தலை அளவு கோலிலுள்ள பிரிவுகள்

$= \frac{0{\cdot}05}{50}$ அங்குலம்

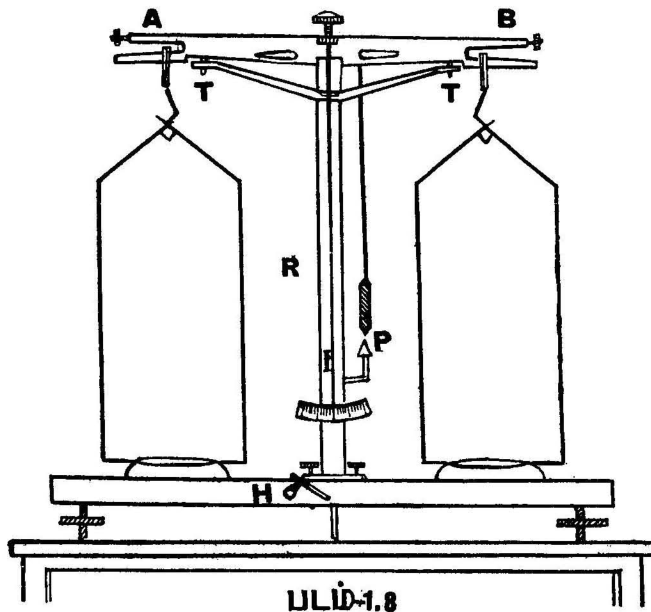
$= 0{\cdot}001$ அங்குலம்

பொருண்மையை அளத்தல் - பௌதிகத்தராசு

பௌதிகத் தராசின் அமைப்பு படம் 1.8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. செவ்வக வடிவமுள்ள ஒரு மரப்பலகையின் மையத்தில் உள்ளீடற்ற ஒரு உலோகத்தூண் (R) செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத்தூணிற்குள் ஒரு உலோகத் தண்டு மேலும் கீழும் நகரும்படி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத் தண்டின் உச்சியில் அகேட்டினுல் (Agate) ஆன ஒரு சம தளம் பொருத்தப்பெற்றுள்ளது.

உறுதியான A B என்ற தராசுக்கோலின் மையத்தில் அகேட்டினுலான கிழ்நோக்கிய ஒரு கத்தி முனையும் (Knife-dge), இரு நுனிகளிலும் மேனோக்கிய இரு கத்தி முனைகளும் உள்ளன. இவ்விரண்டும் மைய கத்திமுனையிலிருந்து சம தூரத்திலுள்ளன. இவ்விரண்டு கத்திமுனைகளிலிருந்தும் தொங்குகிற கொக்கிகளிலிருந்து சம எடையுள்ள இரு தராசுத் தட்டுகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. மையக்கத்திமுனையானது நடுத்தண்டின் சமதளமான மேற்புறத்தில் படிந்திருக்கும் மரப்பலகையின் முன்னுள்ள H எனும் கைப்பிடியை வலது

புறம் திருப்பினல் நடுத்தண்டு மேலே உயர்த்தப்பட்டு தராசுக் கோல் இருபுறமும் அசைந்தாடுகிறது. கைப்பிடியை இடப்



படம்-1.8

புறம் திருப்ப நடுத்தண்டு கீழிறங்குகிறது. அதனல் தராசுக் கோல் TT எனும் ஆணிகளின்மீது படுகிறது. இப்போது தராசு வேலே செய்வதில்லே. தராசுக் கோலின் மையத்தில் செங்குத்தாக கீழ் நோக்கிப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் குறிமுள் ளின் (I) நுனி, தூணின் அடியிலுள்ள தந்த அளவுகோலின் முன் அலேவுறுகிறது. தராசுக்கோலின் இரு நுனிகளிலும் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் திருகாணிகளின் மீதுள்ள சுரைகளேச் சரி செய்வதன் வாயிலாக இக்குறிமுள் அளவுகோலின்மீது சமச் சீருடன் (Symmetrically) அலேவுறும்படிச் செய்யலாம்.

நடுத்தூணிற்கு இணேயாக ஒரு தூக்குக்கொண்டு (P) தொங்குகிறது. இதனேப் பார்த்துக் கொண்டு பலகையின் அடியிலுள்ள மூன்று திருகுகளேச்சரி செய்வதன் வாயிலாக பலகை கிடையாகவும், அதனல் தூண் செங்குத்தாகவும் இருக் கும்படிச் செய்யலாம். தூசு, தும்பு, காற்று ஆகியவற்ருல் பாதிக்காமலிருக்கும் பொருட்டு, தராசு ஒரு கண்ணுடிப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

ஒவ்வொரு தராசுடனும் ஒரு எடைப்பெட்டி (weight box) இருக்கும். இதில் வழக்கமாக கீழ்க்கண்ட எடைகள் இருக்கும். 500 கிராம், 200 கி, 200 கி, 100 கி, 50 கி, 20 கி, 20 கி, 10 கி, 5 கி 2 கி, 2 கி, 1 கி, 500 மில்லிகிராம், 200 மி. கி., 200 மி.கி., 100 மி.கி., 50 மி. கி., 20 மி. கி., 20 மி. கி., 10 மி. கி. இவற்றுள் கிராம் எடைகள் பித்தளையாலும், மில்லிகிராம் எடைகள் அலுமினி யத்தாலும் செய்யப்படுவது வழக்கம். எடைகளை எடுத்து வைப்பதற்காக ஒரு சாமணமும் (Sorceps) பெட்டியிலிருக்கும்.

தராசைப் பயன்படுத்தும்போது கவனிக்க வேண்டிய விதிகள்

1. அடிப்பலகையைத் தாங்கி நிற்கும் திருகுகளைச் சரி செய்து நடுத்தூண் செங்குத்தாக இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும்.

2. தராசுத் தட்டுகள் உலர்ந்தும் தூய்மையாகவும் இருக் கும்படியும் செய்யவேண்டும்.

3. தராசுக் கோலின் நுனிகளில் நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் திருகாணிகளிலுள்ள சுரைகளைச் சரி செய்வதன் வாயிலாக குறிமுள் அளவுகோலின் இரு பக்கங்களிலும் ஏறத்தாழ சம அளவு செல்லும்படிச் செய்ய வேண்டும்.

4. பொருளை இடது தட்டிலும் எடைக்கற்களை வலது தட்டிலும் வைக்கவேண்டும்.

5. பொருள் சூடாக இருக்கும்போது நிறுக்கக்கூடாது. ஏனெனில் வெப்பத்தால் காற்றில் அசைவு உண்டாகும்.

6. எடைகளை வைக்கும் போதும்எடுக்கும்போதும் தராசு இயக்க நிலையிலில்லாமல் நிறுத்தி வைக்கவேண்டும்.

7. தண்டினை உயர்த்துவதையோ அல்லது இறக்கு வதையோ சீராகச் செய்யவேண்டும்.

8. எடைகளை எப்போதும் சாமணத்தாலேயே எடுக்க வேண்டும். எடைகளைக் கண்ட இடத்தில் வைக்கக்கூடாது., பெட்டியிலோ அல்லது தராசுத் தட்டிலோதான் வைக்கலாம்.

9. திரும்பு தானங்களைக் காணும்போது தராசுப்பெட்டி மூடியிருக்க வேண்டும்.

10. ஒவ்வொரு தராசுக்கும் அது எவ்வளவு எடைவரை அளக்கப் பயன்படும் என ஒரு எல்லை உண்டு. அதற்குமேல் கனமானப் பொருள்களை அத்தராசில் நிறுக்கக்கூடாது.

நிலைத்தானம் (Resting Point)

கைப்பிடியை வலப்புறம் திருப்பி நடுத்தண்டினை உயர்த்த, தராசுக்கோல் அசைந்தாடுகிறது. அதனால் குறிமுள் அளவு கோலின் முன்னால் அலைவுறுகின்றது. அப்போது அளவு கோலில் எந்தப் பிரிவிற்கு நேராக முள் திரும்புகின்றதோ அதற்குத் 'திரும்புதானம்' (Turning point) எனப்பெயர். முள் நெடுநேரம் தொடர்ந்து அலைவுற்று இறுதியில் நின்றுவிடும். இவ்வாறு அலைவுகள் முழுதும் ஓய்ந்தபின் முள் அளவுகோலின் எந்தப் பிரிவின் முன்னால் வந்து நிற்கிறதோ அது 'நிலைத்தானம்' எனப்படும். இரு தராசுத்தட்டுகளும் காலியாக இருக்கும் போதுள்ள நிலைத்தானத்திற்கு 'எடை இரா நிலைத்தானம்' (Zero resting point) எனப்பெயர்.

அலைவுகள் முழுதும் ஓயும் வரைக் காத்திருந்து, பின் நிலைத் தானத்தைக் காணவேண்டுமெனில் நெடுநேரமாகும். இதற் காகவேண்டி கீழ்க்கண்ட முறை கையாளப்படுகிறது.

குறிமுள் அளவுகோலின் மீது அலைவுறும்போது முதல் சில அலைவுகளை விட்டுவிட்டு, இடது புறத்தில் ஆரம்பித்து தொடர்ச்சியாக 5 திரும்புதானங்களைக் கண்டு கீழ்க்கண்ட வாறு குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

திரும்புதானங்கள்	
இடது	வலது
a_1	a_2
a_3	a_4
a_5	

இடப்புற திரும்புதானங்களின் சராசரி $a^1 = \frac{a_1 + a_3 + a_5}{3}$

வலப்புற திரும்பு தானங்களின் சராசரி $a^{11} = \frac{a_2 + a_4}{2}$ யும்

கணக்கிடவேண்டும். இவ்விரு சராசரிகளின் சராசரி மதிப்பு

அதாவது, $a = \frac{a^1 + a^{11}}{2}$ தான் நிலைத்தானம்.

தராசின் நுட்பம் (Sensibility)

தட்டுகள் காலியாக இருக்கும்போதோ அல்லது சம எடைகள் இருக்கும்போதோ நிலைத்தானத்தைக் காண்போம். இப்போது ஒரு தட்டில் 10 மி. கி. எடையைக் கூடுதலாக வைத்தால் நிலைத்தானம் மாறக் காணலாம். இவ்வாறாக, ஒரு தட்டில் 10 மி. கி. எடையைக் கூடுதலாக வைப்பதால் ஏற்படும் நிலைத்தான மாறுதலுக்குத் தராசின் நுட்பம் எனப்பெயர். இதனை 10 மி. கி. க்கு இத்தனை பிரிவுகள் எனக் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

நுட்பத்தினை வேறு வகையாகவும் சொல்வதுண்டு. அதாவது, நிலைத்தானத்தை ஒரு பிரிவு அளவு மாற்றுவதற்கு தட்டில் கூடுதலாக வைக்கவேண்டிய எடை. இதனை ஒரு பிரிவுக்கு இத்தனை மி. கி. எனக் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

அலைவு முறையால் ஒரு பொருளின் எடையை ஒரு மி.கி.க்குத் திருத்தமாக அளத்தல்

முதலாவதாக, தராசின் எடைஇரா நிலைத்தானத்தைக் (a) கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பிறகு, இடது தட்டில் பொருளை வைத்து, வலது தட்டில் எடைகளைப் போடவேண்டும். கிட்டத்தட்டச் சரியான எடையைப் போட்டால் முள் அளவுகோலின் இரு பக்கங்களிலும் ஏறத்தாழ சமதூரம் சென்று வரும். இந்த நிலையில் நிலைத்தானத்தைக் (b) கண்டுபிடிக்க வேண்டும். b ஆனது a க்குச் சமமாக இருந்தால் நாம் இடது தட்டில் வைத்த எடை (w கிராம்) பொருளின் சரியான எடையாகும். அவ்வாறின்றி b ஆனது aஐ விட அதிகமாக இருந்தால் w என்பது பொருளைவிடக் குறைந்த எடை; b ஆனது aஐ விடக் குறைவாக இருந்தால் w என்பது அதிகம். எனவே b ஆனது aஐ விட அதிகமாக இருந்தால் வலது தட்டில் 10 மி. கி. கூடுதலாகப் போடவேண்டும்; b ஆனது aஐ விடக் குறைவாக இருந்தால் வலது தட்டிலிருந்து 10 மி. கி. எடையை எடுத்து விட வேண்டும். இப்போது, மீண்டும் நிலைத்தானத்தைக் (c) காணவேண்டும்.

இவற்றிலிருந்து கீழ்க்கண்டவாறு பொருளின் எடையைக் கணக்கிடலாம்.

b ஆனது aஐவிட அதிகம் எனக் கொள்வோம். 10 மி. கி. எடையைப் போடுவதால் நிலைத்தானத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$b = \backsim c$. அல்லது, $b \backsim c$ நிலைத்தான மாறுதலுக்குத் தேவையான எடை = 10 மில்லிகிராம். எனவே, 1 பிரிவு நிலைத்தான மாறுதலுக்குத் தேவையான எடை $= \frac{10}{b \backsim c}$ மி.கி. $= \frac{0{\cdot}01}{b \backsim c}$ கிராம். பொருள் இடது தட்டிலும் w கிராம் எடை வலது தட்டிலும் உள்ளபோது நிலைத்தானம் b ஆக உள்ளது. இது a ஆக இருந்திருக்குமானுல் பொருளின் எடை w ஆகும். எனவே, நிலைத்தானத்தை bலிருந்து aக்கு நகரச் செய்யத் தேவையான எடையை வலது தட்டில் போட வேண்டும். $b-a$ பிரிவுகள் நகர்வதற்குத் தேவையான எடை $= \frac{0{\cdot}01\,(b-c)}{b \backsim c}$ கிராம்.

எனவே, பொருளின் சரியான எடை $= \left[w + \frac{0{\cdot}01\,(b-a)}{b \backsim c} \right]$ கிராம்

b ஆனது aஐவிடச் சிறியதாக இருந்தால் சரியான எடை $= w - \frac{0{\cdot}01\,(a-b)}{b \backsim c}$ கிராம் என முன்போல் காட்டலாம். இதுவும் $w + \frac{0{\cdot}01\,(b-a)}{b \backsim c}$க்கேச் சமமாதலால் இதனையே பொது வாய்பாடாகக் கையாளலாம்.

வினுக்கள்

1. அடிப்படை அலகுகள், வழி அலகுகள் என்ருல் என்ன? எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

2. வர்னியரின் தத்துவத்தை விளக்குக.

ஒரு அளவுகோலின் ஒவ்வொரு அங்குலமும் 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. 0·004 அங்குலத்திற்குத் திருத்தமாக அளக்கக்கூடிய A வகை வர்னியரை எவ்வாறு அமைப்பாய்?

3. ஒரு ஃபோர்ட்டின் பாரமானியின் அளவுகோலில் ஒவ்வொரு அங்குலமும் 20 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் வர்னியரின் நீளம் 1·2 அங்குலம். அதில் 25 சம பகுதிகள் உள்ளன. அதன் நுட்ப அளவு என்ன? வர்னியரின் சுழி 29·15 அங்குலத்திற்கும் 29·20 அங்குலத்திற்கும் இடையேயுள்ளது; வர்னியரின் 5வது பிரிவு முதன்மை அளவுகோலின்

ஏதோ ஒரு பிரிவுடன் ஒன்றியுள்ளது. அப்போது பாரமானி காட்டும் அளவு என்ன ?

4. வர்னியரின் அதமவளவை என்பதனை வரையறு.

ஒரு நிறமாலைமானியின் (Spectrometer) வட்ட அளவுகோல் ½ டிகிரிகளாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளது. 29 முதன்மை அளவு கோல் பிரிவுகள் வர்னியரில் 30 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. வர்னியரின் அதமவளவை என்ன ?

5. வர்னியர் காலிப்பர்சை விவரி. அதனைக் கொண்டு (அ) ஒரு நாணயத்தின் விட்டத்தை (ஆ) ஒரு கலோரி மீட்டரின் உள் விட்டத்தை எவ்வாறு அளப்பாய் ?

6. மைக்ராமீட்டர் திருகின் தத்துவத்தைக் கூறு. ஒரு திருகுமானியை விவரி. அதனைக் கொண்டு ஒரு கம்பியின் கனத்தை எவ்வாறு அளப்பாய் ?

ஒரு திருகின் புரியிடைத் தூரம் ½ மி.மீ. அதன் அதமவளவை 0·001 செ. மீ. ஆக இருக்கவேண்டுமானால் அதன் தலை அளவு கோலில் எத்தனைப் பிரிவுகள் இருக்க வேண்டும் ?

7. ஒரு சிறிய, மெல்லிய கண்ணாடித் துண்டின் கனத்தை கண்டுபிடிக்க வேண்டும. அதற்கு நீ பயன்படுத்தும் கருவியினை ஒரு படத்தின் துணைகொண்டு விவரித்து, அதனை எவ்வாறு பயன்படுத்துவாய் என்பதனையும் விளக்கு.

8. ஒரு திருகுமானியின் புரியிடைத் தூரம் 1/20 அங்குலம். அதன் தலை அளவுகோலில் 100 பிரிவுகள் உள்ளன. ஒரு தகட்டின் கனத்தைக் கண்டுபிடிக்கும்போது புரி அளவுகோல் காட்டும் அளவு 3/20 அங்குலம், தலை அளவுகோல் காட்டும் அளவு 87. ஆரம்பப் பிழை இல்லையென்றால் அத்தகட்டின் கனம் என்ன ?

9. திருகின் 'புரியிடைத்தூரம்', 'அதமவளவை' ஆகியவற்றை வரையறு.

கோளமானியை விவரித்து அதைக்கொண்டு ஒரு கண்ணாடித் துண்டின் சராசரி கனத்தை எவ்வாறு அளப்பாய் என்பதனை விளக்கு.

ஒரு கோளமானியினது திருகின் புரியிடைத் தூரம் $\frac{1}{2}$ மி.மீ; அதன் தலை அளவுகோலில் 250 பிரிவுகள் உள்ளன. கோள மானியை ஒரு சமதளப் பரப்பின் மீது வைக்கும்போது தலை அளவுகோல் +5 பிரிவுகளைக் காட்டுகிறது. ஒரு கண்ணாடித் துண்டின் கனத்தை அளக்கும்போது காட்டும் அளவு வட்ட மான தட்டின் 5 சுழற்சிகளும் 46 பிரிவுகளும் ஆகும். கண்ணாடித் துண்டின் கனத்தைக் கணக்கிடு.

10. ஒரு பௌதிகத் தராசின் படம் வரைந்து அதனை விவரி. அதைக்கொண்டு ஒரு பொருளின் எடையை மில்லி கிராமுக்குத் திருத்தமாக எவ்வாறு காண்பாய் என்பதனை விளக்கு.

11. ஒரு பௌதிகத் தராசின் 'திரும்புதானம்', 'நிலைத் தானம்' 'எடை இரா நிலைத்தானம்', 'நுட்பம்' ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒரு தராசின் எடை இரா நிலைத்தானம் 10. இடது தட்டில் ஒரு பொருளையும் வலது தட்டில் 15·68 கி. எடையையும் வைக் கும்போது நிலைத்தானம் 12. வலது தட்டில் 10 மி.கி. கூடுதலா கப்போட நிலைத்தானம் 9 ஆகின்றது. பொருளின் எடையை மில்லி கிராமுக்குத் திருத்தமாகக் கூறு.

12. ஒரு தராசின் தட்டுகள் காலியாயிருந்தபோது அதன் தொடர்ச்சியான திரும்புதானங்கள் 5, 16, 6, 15, 6; இடது தட் டில் ஒரு பொருளையும் வலது தட்டில் 7·5 கிராமும் வைக்கக் கிடைத்த தொடர்ச்சியான திரும்புதானங்கள் 4, 12, 5, 11, 5; வலது தட்டில் 10 மி. கிராமைக் குறைக்க திரும்புதானங்கள் 7, 15, 7. 14, 8 பொருளின் சரியான எடையைக் கணக்கிடு.

2. இயக்கவியல்

(Dynamics)

தோற்றுவாய்

பொருள்கள் விசைகளின் ஆளுகைக்கு உட்படும்போது அவற்றின் ஒழுகலாறுகளைப் பற்றி ஆராயும் பௌதிகத்தின் பிரிவே 'பொறி நுட்பவியல்' (Mechanics) ஆகும். இதனை 'இயக்கவியல்' (Dynamics), நிலையியல் (Statics), 'நீர்இயக்கவியல்' (Hydrodynamics), நீர் நிலையியல் (Hydrostatics) என நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். விசைகளின் ஆளுகையால் பொருள்கள் இயங்குவதனைப் பற்றி மட்டும் பார்ப்பது இயக்கவியலாகும். இங்கு நாம் எல்லா அளவினவாய பொருள்களின் இயக்கத்தைப் பற்றியும் காணப்போவதில்லை. நம் கவனம் முழுதும் துகள்களின் இயக்கத்திலேயே செலுத்துவோம்.

எனவே, முதலில் பொருள், பருப்பொருள், துகள் ஆகியவற்றைப் பற்றியும், பின்னர், அவற்றின் இயக்கம் பற்றியும் பார்ப்போம்.

இடத்தை அடைக்கும் எதுவும் பருப்பொருள் (Matter) எனப்படும். பருப்பொருள்களின் தொகுதியே எந்த ஒரு பொருளும். ஒரு பொருளின் மிகச் சிறு பகுதியே 'துகள்' (Particle) எனப்படும். மிகச் சிறு என்று கூறும்போது அத்துகள் ஒரு புள்ளி அளவே என்று எண்ணத்தக்க அளவு சிறியது என்று பொருள் கொள்கின்றோம். ஆனால் இயக்கவியலில் துகள் என்பதனை ஒப்பிட்டடிப்படையிலேயே எடுத்துக் கொள்கின்றோம். காட்டாக, பூமி ஞாயிற்றைச் சுற்றிவருவதைப் பற்றி பார்க்குமிடத்து பூமியை ஒரு துகளாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால், நில உலகில் நிகழும் இயக்கங்களை ஆராயுமிடத்து பூமியைத் துகளெனக் கொள்ள இயலாது. இந்த அடிப்படையில் நாம் துகள்களின் இயக்கம் பற்றிக் காண்போம்.

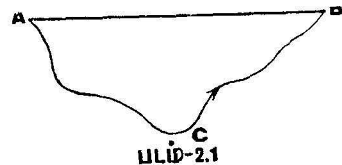
பாதையும் வேகமும்

ஒரு பொருள் அல்லது துகளானது அதனைச் சூழ்ந்துள்ள மற்ற பொருள்களோடு ஒப்பு நோக்க தன் இருப்பிடத்தை கணத்திற்கு கணம் மாற்றிக்கொண்டே இருக்குமானால் அது இயக்கத்திலிருக்கிறது எனச்சொல்வோம். அவ்வாறின்றி ஒரே நிலையில் இருந்தால் ஓய்ந்து இருக்கிறது அல்லது அமைதி நிலையில் இருக்கிறது எனக்கூறுவோம். இயக்கத்திலிருக்கும் ஒரு துகளின் அடுத்தடுத்த நிலைகளை தொடர்ச்சியான ஒரு கோட்டினால் சேர்த்தோமானால், அக்கோடு அத்துகள் செல்லும் பாதையினைக் (Path) குறிக்கிறது. இப்பாதை ஒரு நேர்கோடாக இருக்கலாம் அல்லது எந்த வடிவத்திலும் இருக்கலாம். இப் பாதையின் நீளமே ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் அத்துகள் சென்ற தூரத்தைக் குறிக்கும். ஒரு வினாடி நேரத்தில் (அல்லது ஒரு அலகு நேரத்தில்) அத்துகள் செல்லும் தூரம் அதனுடைய வேகம் (Speed) எனப்படும். எனவே, ஒரு பொருளின் வேகத்தை அதன் பாதை வளரும் வீதம் என வரையறை செய்யலாம்.

இடப்பெயர்ச்சியும் திசைவேகமும்

இயக்கவியலில் ஒரு பொருள் அல்லது துகள் உண்மையில் செல்லும் தூரத்தோடுகூட அதன் இடப் பெயர்ச்சியையும் தெரிந்து கொள்ளவேண்டியுள்ளது.

இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் ஒரு பொருள் அல்லது துகள் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் அடையும் "இடப்பெயர்ச்சி" (Displacement) என்பது அந்த நேரத்தில் அத்துகளின் இருப்பிடத்தில் ஏற்படும் மாறுதலேயாகும். அதாவது, அத்துகள் முதலில் இருந்த இடத்திற்கும் இறுதியிலுள்ள இடத்திற்கும் இடையேயுள்ள குறுகிய தூரம். எனவே, அத்துகள் அந்த நேரத்தில் சென்ற மொத்த தூரத்தினை இடப்பெயர்ச்சியாக எடுத்துக் கொள்ளமுடியாது. காட்டாக, ஒரு துகள் A எனுமிடத்தில் புறப்பட்டு ACB எனும் பாதை வழியாக B யை அடைவதாகக் கொள்வோம் (படம் 2·1). அது சென்ற மொத்த தூரம் ACB யின் நீளம் ஆனால், அதன் இடப்பெயர்ச்சி A க்கும் Bக்கும் இடையேயுள்ள குறுகிய தூரம். அதாவது, A யையும் B யையும் இணைக்கும் நேர்கோட்டின் நீளம்.



படம்-2.1

மேலும் இடப்பெயர்ச்சி என்பது பாதையிலிருந்து பிறி தொரு வகையிலும் வேறுபட்டது. ஒருவன் 10 மைல் நடந்தான் என்ருல் அவன் சென்ற மொத்த தூரம் 10 மைல் எனப் பொருள் கொண்டு விடுகிருேம். ஆனுல், ஒருவன் 10 மைல் இடம் பெயர்ந்தான் என்று சொல்லும்போது எத்திசையில் இடம் பெயர்ந்தான் எனச் சேர்த்துச் சொன்னுல்தான் இடம் பெயர்ந்ததன் முழுப்பொருளும் தெளிவாகின்றது. எனவே இடப்பெயர்ச்சியைச் சொல்லும்போது தூரத்தோடு திசையையும் சேர்த்துச் சொல்லவேண்டும். இவ்வாறு, திசையோடு சேர்த்துச் சொல்லப்படவேண்டிய அளவுகள் வெக்டர் அளவுகள் (Vector Quantities) எனப்படும். திசையில்லாமல் அளவை மட்டும் சொன்னுல் போதுமென்றுள்ள அளவுகட்கு ஸ்கேலார் அளவுகள் (Scalar Quantities) எனப்பெயர். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஸ்கேலார் அளவுகளைச் சாதாரண எண்கணித முறையில் கூட்டலாம். ஆனுல் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வெக்டர்களைக் கூட்ட வேறு முறையைக் கையாளவேண்டும். இரு வெக்டர்களைக் கூட்ட வெக்டர்களின் இணைகர விதி (Law of parallelogram of vectors) யினைக் கையாளவேண்டும். இவ்விதியினைக் கொண்டு இரு வெக்டர்களைக் கூட்டிக்கிடைப்பதுடன் மீண்டும் இவ்விதியைப்பயன்படுத்தி மூன்ருவது வெக்டரைக் கூட்டலாம். இவ்வாறே எத்தனை வெக்டர்களை வேண்டுமானுலும் கூட்டலாம். இவ்விதியினை நிலையியலில் "விசைகளின் இணைகர விதி" (Law of parallelogram of forces) என்ற பெயரில் பார்ப்போம்.

ஒரு துகள் இடப்பெயர்ச்சி அடையும் வீதம் அதன் திசைவேகம் (Velocity) எனப்படும்.

வேகமும் திசை வேகமும்

ஒரு துகளின் வேகம் என்பது அதன் பாதை வளரும் வீதம், அதாவது, ஒரு விஞடியில் அது செல்லும் மொத்த தூரம் எனப் பார்த்தோம். எனவே,

$$\text{வேகம்} = \frac{\text{பாதையின் நீளம் அல்லது சென்ற தூரம்}}{\text{ஆன நேரம்}},$$

இத்தனை விஞடிக்கு இத்தனை செ.மீ. (செ.மீ./விஞடி) அல்லது விஞடிக்கு இத்தனை அடி (அடி/விஞடி) என்ற அலகுகளால் அளக்கலாம். இத்தோடு திசையைச் சேர்த்து சொல்லவேண்டுவதில்லை. எனவே, இது ஒரு ஸ்கேலார் அளவாகும்.

ஆனால், ஒரு துகளின் திசைவேகம் என்பது அது இடப் பெயர்ச்சி அடையும் வீதமாகும். எனவே,

$$நேர்வேகம் = \frac{இடப்பெயர்ச்சி}{நேரம்}.$$

இதனை வேகத்திற்குரிய அலகுகளாலேயே அளக்கவேண்டும். ஆயின், இது இடம் பெயரும் வீதத்தைக் குறிப்பதாலும் இடப் பெயர்ச்சி ஒரு வெக்டர் அளவாதலாலும் இதுவும் ஒரு வெக் டரே. எனவே, இதன் அலகோடு திசையையும் சேர்த்துச் சொல்லவேண்டும்.

சீரான திசை வேகம் (Uniform Velocity)

ஒரு துகளானது சமமான கால இடைவெளிகளில் (இவ்விடை வெளிகள் எவ்வளவு சிறிதாக இருந்தாலும்) ஒரு நேர்கோட்டின்மீது சமமான தூரங்கள் செல்லுமானால் அது சீரான திசை வேகத்தோடு இயங்குகிறது எனப்படும்.

காட்டாக, ஒரு துகள் ஒவ்வொரு விநாடியிலும் ஒரே திசை யில் 80 செ. மீ. செல்வதாகக் கொள்வோம். அது சீரான நேர் வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருந்தால் எந்த ஒரு அரை விநாடியி லும் 40 செ. மீ. உம், எந்த ஒரு $\frac{1}{4}$ விநாடியிலும் 20 செ.மீ. உம், $\frac{1}{8}$ விநாடியில் 10 செ.மீ. உம், ஒரே திசையில் செல்லவேண்டும். அவ்வாறின்றி ஒரு அரை விநாடியில் 50 செ.மீ.உம் அடுத்த $\frac{1}{2}$ விநாடியில் 30 செ.மீ. உம் சென்றால் அது சீரான திசை வேக மாகாது. எனவே, எவ்வளவு சிறிய கால இடைவெளிகளை எடுத்துக்கொண்டாலும் சமகால இடைவெளிகளில் ஒரே திசையில் சமதூரம் சென்றால்தான் அத்துகள் சீரான திசை வேகத்துடன் இயங்குவதாகக் கூறமுடியும்.

மாறும் திசை வேகம் (Variable Velocity)

ஒரு துகளின் திசை வேகத்தின் அளவோ அல்லது திசையோ அல்லது இரண்டுமோ மாறினால் அது மாறும் திசைவேகத்தோடு இயங்குவதாகக் கூறப்படும்.

எனவே, ஒரு வட்டப்பாதையில் சீரான வேகத்தோடு சென்றுகொண்டிருக்கும் துகளின் திசை தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டேயிருப்பதால், அது மாறும் திசைவேகத்தில் செல் கிறது எனப்புரிந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு துகள் மாறும் திசை வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கும்போது ஏதேனும் ஒருகணத்தில் அதன் திசைவேகத்தைக்காணவேண்டுமானால் அந்தக் கணத்தில் ஒரு குறுகிய கால இடைவெளியில் அத்துகள் செல்லும் தூரத்தைக்கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அத்தூரத்திற்கும் கால இடைவெளிக்கும் உள்ள விகிதமே அக்கணத்தில் அதன் திசைவேகமாகும்.

சராசரித் திசை வேகம் (Average Velocity)

மாறும் திசைவேகத்தில் செல்லும் ஒரு துகள் அடையும் மொத்த இடப்பெயர்ச்சியை மொத்த நேரத்தால் வகுக்கக் கிடைப்பதே, அதன் சராசரித் திசைவேகமாகும். எனவே, ஒரு துகள் s தூரத்தை (ஒரு நேர்கோட்டில்) t நேரத்தில் கடந்தால்

அதன் சராசரித் திசைவேகம், $v = \frac{s}{t}$.

ஆனால், ஒரேசீரான 'v' எனும் திசைவேகத்தில் அத்துகள் செல்லுமானால் அது 't' நேரத்தில் $s = vt$ இடப்பெயர்ச்சி என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே, ஒரு துகளின் சராசரி திசைவேகம் என்பது அத்துகள் எந்த சீரானத் திசைவேகத்தோடு சென்றிருந்தால் மொத்த தூரத்தையும் அதே காலத்தில் கடந்திருக்குமோ, அந்தத் திசைவேகம்தான் எனவும் வரையறுக்கலாம்.

வேகவளர்ச்சி (Acceleration)

ஒருதுகளின் திசைவேகம் மாறும்போது அது மாறும்வீதம், அதன் வேகவளர்ச்சி எனப்படும்.

$$\text{வேகவளர்ச்சி} = \frac{\text{திசைவேகத்தில் மாறுதல்}}{\text{மாறுதலுக்கான நேரம்}}$$

திசை வேகத்தை விநாடிக்கு இத்தனை செ.மீ. அல்லது விநாடிக்கு இத்தனை அடி என அளந்தோம். எனவே, வேக வளர்ச்சியினை ஒவ்வொரு விநாடியிலும் விநாடிக்கு இத்தனை செ.மீ. அல்லது அடி என்ற அலகுகளால் அளக்கவேண்டும். இவற்றைச் சுருக்கமாக செ.மீ./விநாடி/விநாடி அல்லது அடி/விநாடி/விநாடி எனக்குறிக்கலாம். இது ஒரு வெக்டரே.

சீரான வேகவளர்ச்சி (uniform Acceleration

ஒரு துகளினது திசை வேகமானது சமகால இடைவெளிகளில் (இவ்விடைவெளிகள் எவ்வளவு சிறியனவாய் இருந்தாலும்) சமமான

அளவு மாறுதல்களை அடையுமானல் அது சீரானவேகவளர்ச்சியுடன் செல்கிறது எனக்கூறலாம்.

வேகக்குறைவு (Retardation)

ஒரு துகளின் திசைவேகம் குறைந்துகொண்டே சென்றல் அது குறையும் வீதம் "வேகக்குறைவு" எனப்படும்.

ஆனல், வேகக்குறைவு என்பதனைத் தனியான ஒரு அளவாகக் கொள்ளாமல், எதிர்மறை வேகவளர்ச்சி எனக்கொள்வது பெரிதும் நன்மை பயக்கும்.

இயக்கத்திற்கானச் சமன்பாடுகள்

முதற் சமன்பாடு

u எனும் ஆரம்ப திசைவேகத்தோடு ஒரு நேர்கோட்டின் மீது 'a' எனும் சீரான வேகவளர்ச்சியுடன் செல்லும் ஒரு துகளினை எடுத்துக் கொள்வோம். t வினடிகள் கழித்து அதன் திசைவேகம் v எனக்கொள்வோம்.

அப்போது அதன்,

ஆரம்பத் திசைவேகம் $= u$

இறுதித் திசைவேகம் $= v$

எனவே, t வினடியில் திசைவேக மாறுதல் $= v - u$

எனவே, 1 வினடியில் திசைவேக மாறுதல் அல்லது திசைவேக மாறுதலின் வீதம் $= \dfrac{v-u}{t}$

ஆனல், நாம் வரையறை செய்தபடி திசைவேக மாறுதலின் வீதம் என்பது வேகவளர்ச்சியாகும். எனவே,

$$\text{வேகவளர்ச்சி, } a = \frac{v-u}{t},$$

அல்லது, $at = -vu$

அல்லது,

$$\boxed{v = u + at}$$

இரண்டாவதுச் சமன்பாடு

u என்ற ஆரம்ப திசைவேகத்தோடு, ஒரு நேர்கோட்டில் a எனும் சீரான வேகவளர்ச்சியோடு செல்லும் ஒரு துகளை எடுத்துக்கொள்வோம். t விநாடிகள் கழித்து அதன் திசைவேகம் v எனவும், இந்த நேரத்தில் அது சென்ற தூரம் s எனவும் கொள்வோம்.

துகளின் வேகவளர்ச்சி சீரானது ஆகையினால் அதன் சராசரித் திசைவேகம்

$$= \frac{\text{ஆரம்பத் திசைவேகம்} + \text{இறுதித்திசைவேகம்}}{2}$$

$$= \frac{u+v}{2}$$

துகள் செல்லும் தூரம் சராசரித் திசைவேகம் × நேரம் என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே.

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right) \times t$$

ஆனால் $v = u + at$ என்பது முதற் சமன்பாடு. எனவே

$$s = \left(\frac{u+u+at}{2}\right) \times t$$

அல்லது, $s = (u + \frac{1}{2} at) \times t$

அல்லது, $\boxed{s = ut + \frac{1}{2} at^2}$

மூன்றுவதுச் சமன்பாடு

முதல் இரு சமன்பாடுகளிலிருந்தும் பயனுள்ள பிறிதொரு சமன்பாட்டினை எளிதில் வருவிக்கலாம்.

முதற்சமன்பாட்டில் ஆரம்பிக்க,

$$v = u + at$$

இருபடிக்கு உயர்த்த, $v^2 = (u + at)^2$

அல்லது, $v^2 = u^2 + 2u \times at + (at)^2$

அல்லது, $v^2 = u^2 + 2a \times ut + a^2t^2$

அல்லது, $v^2 = u^2 + 2a \times ut + 2a \times \frac{1}{2}at^2$

அல்லது, $v^2 = u^2 + 2a\,(ut + \frac{1}{2}\,at^2)$

ஆனால் $s = ut + \frac{1}{2}\,at^2$ என இரண்டாவது சமன்பாட்டிலிருந்து நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$$\boxed{v^2 = \quad + 2as}$$

நான்காவதுச் சமன்பாடு

ஒரு துகள் u எனும் ஆரம்ப திசைவேகத்துடன் ஒரு நேர் கோட்டில் a எனும் சீரான வேகவளர்ச்சியுடன் செல்கிறது. அது n–ஆவது வினாடியில் செல்லும் தூரத்தைக் கணக்கிடுவோம். அது புறப்பட்டதிலிருந்து n வினாடியில் சென்ற மொத்த தூரத்திலிருந்து $(n-1)$ வினாடியில் சென்ற மொத்த தூரத்தைக் கழித்தால் n–ஆவது வினாடியில் சென்ற தூரம் கிடைக்கும் என்பதுத் தெளிவு.

n வினாடியில் சென்ற தூரம் $= un + \frac{1}{2}\,an^2$

$(n-1)$ வினாடியில் சென்ற தூரம் $= u\,(n-1) + \frac{1}{2}\,a\,(n-1)^2$

எனவே, n-ஆவது வினாடியில் சென்ற தூரம்,

$$\begin{aligned}
Sn &= [\,un+\tfrac{1}{2}an^2\,] - [\,u\,(n-1) + \tfrac{1}{2}a\,(n-1)^2\,] \\
&= un+\tfrac{1}{2}an^2 - [\,un-u + \tfrac{1}{2}a\,(n^2-2n+1)\,] \\
&= un+\tfrac{1}{2}an^2 - [\,un-u + \tfrac{1}{2}an^2 - an+\tfrac{1}{2}a\,] \\
&= un+\tfrac{1}{2}an^2 - un+u - \tfrac{1}{2}an^2 + an - \tfrac{1}{2}a \\
&= u + an - \frac{a}{2} \\
&= u + \frac{a}{2} \times 2n - \frac{a}{2} \\
&= u + \frac{a}{2}\left(2n - 1\right)
\end{aligned}$$

$$\therefore \quad \boxed{Sn = u + \frac{a}{2}\left(2n - 1\right)}$$

சில குறிப்புகள்

கணக்குகளைப் போடுவதற்குக் கீழ்க்கண்ட குறிப்புகள் உதவும்.

(1) பொருள் அல்லது துகளின் ஆரம்ப வேகத்தின், அல்லது, ஆரம்பத்தில் செல்லத் தொடங்கும் திசையில் அளக்கப்படும் எல்லா அளவுகளும் நேர்க்குறியுடையனவாகவும் (positive) அதற்கு எதிர்த் திசையில் அளக்கப்படும் அளவுகள் எதிர்க் குறியுடையனவாகவும் (Negative) கொள்ளவேண்டும்.

(2) ஒரு துகள் ஓய்வு நிலையிலிருந்து புறப்பட்டால் அதன் ஆரம்ப வேகம், $u=o$

(3) துகள் வேகக் குறைவுக்கு உட்பட்டால் அதன் வேக வளர்ச்சி a க்குக் கழித்தல் குறியிட வேண்டும்

(4) துகள் இறுதியில் ஓய்வுநிலைக்கு வந்தால் இறுதி வேகம், $v=o$.

(5) துகள் புறப்பட்ட இடத்திற்கே வந்து சேர்ந்தால் இடப்பெயர்ச்சி $s=o$

(6) முதலில் கணக்கை நன்ருகப் படித்து, கொடுக்கப்பட்டுள்ள அளவுகளை உரிய அலகுகளோடும் சரியான குறியோடும் என்ன கண்டுபிடிக்க வேண்டும் என்பதையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

(7) குறித்த அளவுகளை அடிப்படை அலகுகட்கு மாற்றிக் கொள்ள வேண்டும். காட்டாக, வேகமானது மணிக்கு இத்தனை மைல் என்ருல் அதனை வினடிக்கு இத்தனை அடி என மாற்றிக்கொள்ள வேண்டும்.

(1 மைல்/மணி $=22/15$ அடி/வினடி).

(8) பின் நாம் பயன்படுத்தக்கூடிய சமன்பாட்டினைத் தேர்ந்தெடுத்து எளிதில் கணக்குப் போடலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1.) ஒரு துகள் அமைதி நிலையிலிருந்து புறப்பட்டு 5 செ. மீ./வினடி/வினடி எனும் சீரான வேக வளர்ச்சியுடன் செல்கிறது. (அ) 3 வினடிகளின் முடிவில் அதன் திசை வேகத்தை

யும் (ஆ) 4 விநாடிகளில் அது செல்லும் தூரத்தையும் கணக்கிடு.

(அ) கொடுக்கப் பெற்றுள்ளவை ;

$u=o$, $a=5$ செ.மீ /விநாடி/விநாடி, $t=3$ விநாடி
காணவேண்டியது ;

$v=?$

இதற்கு $v=u+at$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$v=o+5\times 3$$

அல்லது $v=15$ செ.மீ./விநாடி.

(ஆ) கொடுக்கப் பெற்றுள்ளவை :

$u=o$, $a=5$ செ.மீ /விநாடி/விநாடி/, $t=4$ விநாடி.

காண வேண்டியது :

$s=?$

இதற்கு $s = ut + \frac{1}{2} at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$s = o \times 4 + \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2$$

அல்லது $s = o + \frac{1}{2} \times 5 \times 16$

அல்லது, $s = 40$ செ.மீ.

(2) ஓய்வு நிலையிலிருந்து புறப்பட்டு, ஓரே சீரான வேக வளர்ச்சியுடன் செல்லும் ஒரு உந்து வண்டி, 11 விநாடிகளில் விநாடிக்கு 44 அடிகள் எனும் வேகத்தை அடைகிறது. (அ) அதன் வேக வளர்ச்சி என்ன? (ஆ) அதன் திசைவேகம் 40 அடி / விநாடி ஆக இருக்கும்போது அது புறப்பட்ட இடத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கும்?

(அ) கொடுக்கப் பெற்றுள்ளவை :

$u = o$, $t = 11$ விநாடி. $v = 44$ அடி / விநாடி
காண வேண்டியது :

$a = ?$

எனவே $v = u + at$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$44 = o + a \times 11$$

அல்லது $a = \frac{44}{11} = 4$ அடி / விநாடி / விநாடி.

(ஆ) கொடுக்கப் பெற்றுள்ளவை :

$u = o, v = 40$ அடி / விநாடி, $a = 4$ அடி / விநாடி / விநாடி
காண வேண்டியது :

$s = ?$

இதற்கு, $v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்த,

$$40^2 = o^2 + 2 \times 4s$$

அல்லது, $40^2 = 8s$

அல்லது $s = \frac{40 \times 40}{8} = 200$ அடி.

(3) மணிக்கு 45 மைல் திசை வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் வண்டியின் வேகம் தடை போட்ட 1 நிமிடத்தில் மணிக்கு 30 மைல் ஆகக் குறைகிறது. அதன் வேகக் குறைவு என்ன? அது மேற்கொண்டு எவ்வளவு தூரம் சென்று நிற்கும்?

கணக்கின் முதல் பகுதி :

$u = 45$ மைல் / விநாடி $= \frac{45 \times 22}{15} = 66$ அடி / விநாடி

$v = 30$ மைல் / விநாடி $= \frac{30 \times 22}{15} = 44$ அடி / விநாடி

$t = 1$ நிமிடம் $= 60$ விநாடி.

$a = ?$

இதற்கு $v = u + at$ எனும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்த

$$44 = 66 + a \times 60$$

அல்லது $60a = 66 - 44 = -22$

அல்லது, $a = -\frac{22}{60} = \frac{11}{30}$ அடி / விநாடி / விநாடி

எனவே, வேகக் குறைவு $= \frac{11}{30}$ அடி / விநாடி / விநாடி.

கணக்கின் பின்பகுதிக்கு,

$u = 44$ அடி / விநாடி, $v = o$, $a = -\frac{11}{30}$, $s = ?$

இதற்கு $v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$o = 44^2 + 2 \times \left(-\frac{11}{30}\right) s$$

அல்லது, $o = 44^2 - \frac{22}{30} s$

அல்லது, $\frac{22}{30} s = 44^2$

அல்லது, $s = 44 \times 44 \times \frac{30}{22}$

அல்லது, $s = 2640$ அடி.

(4) ஒரு துகள் அமைதி நிலையிலிருந்து புறப்பட்டு 8 அடி / விநாடி / விநாடி எனும் வேக வளர்ச்சியுடன் செல்கிறது. அது மூன்ருவது அடியைக் கடப்பதற்காகும் நேரம் என்ன ?

மூன்ருவது அடியைக் கடப்பதற்காகும் நேரம் என்பது முதல் மூன்று அடிகள் கடப்பதற்காகும் நேரம்—

முதல் இரண்டு அடிகள் கடப்பதற்காகும் நேரம்.

எனவே, முதலில் இவ்விரு நேரங்களையும் கண்டுபிடிப்போம். இதற்கு,

(அ) $u = o$. $a = 8$ அடி / விநாடி / விநாடி,

$s = 3$ அடி, $t_1 = ?$

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$3 = o \times t_1 + \frac{1}{2} \times 8t_1^2$

அல்லது, $3 = 4\ t_1^2$

அல்லது, $t_1^2 = \frac{3}{4}$

அல்லது, $t_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1 \cdot 732}{2} = 0 \cdot 866$ விநாடி.

(ஆ) $u = o$, $a = 8$ அடி/விநாடி/விநாடி

$s = 2$ அடி, $t_2 = ?$

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$ஐப் பயன்படுத்த

$2 = o \times t_2 + \frac{1}{2} \times 8 \times t_2^2$

அல்லது, $2 = 4t_2^2$, அல்லது $t_2^2 = \frac{2}{4}$

அல்லது, $t_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1 \cdot 414}{2} = 0 \cdot 707$ விநாடி,

எனவே, மூன்றாவது அடியைக் கடப்பதற்கான நேரம் $\left.\right\} = t_1 - t_2$

$= 0 \cdot 866 - 0 \cdot 707$

$= 0 \cdot 159$ விநாடி.

(5) ஒரு துகள் சீரான வேக வளர்ச்சியுடன் சென்று கொண்டுள்ளது. அது புறப்பட்ட 5வது விநாடியில் 19 செ.மீ. உம் 9-வது விநாடியில் 27 செ.மீ.உம் செல்லுமானால் அதன் ஆரம்ப வேகத்தையும் வேக வளர்ச்சியையும் கண்டுபிடி.

கொடுக்கப் பெற்றுள்ளவை :

$S_5 = 19$ செ.மீ., $S_9 = 27$ செ.மீ.

காணவேண்டியது :

$u = ?$, $a = ?$

$Sn = u + \frac{a}{2}(2n - 1)$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$S_5 = 19 = u + \frac{a}{2}(2 \times 5 - 1)$

அல்லது, $19 = u + \frac{9}{2} a \longrightarrow (1)$

மேலும், $S_9 = 27 = u + \frac{a}{2}(2 \times 9 - 1)$

அல்லது, $27 = u + \frac{17}{2} a \longrightarrow (2)$

$$19 = u + \frac{9}{2} a \longrightarrow (1)$$

கழிக்க, $8 = \frac{8}{2} a$

அல்லது $a = 2$ செ.மீ./விநாடி/விநாடி.

இம்மதிப்பை முதல் சமன்பாட்டில் பதிலிட

$$19 = u + \frac{9}{2} \times 2$$

அல்லது $19 = u + 9$

அல்லது $u = 10$ செ.மீ / விநாடி

(6) மணிக்கு 72 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் வண்டியின் வேகமானது தடைபோட்ட பின் 100 மீட்டர்கள் செல்வதற்குள் மணிக்கு 36 கிலோமீட்டர்களாகக் குறைகிறது. அது நிற்பதற்குள் மேற்கொண்டு எவ்வளவு தூரம் சென்றிருக்கும்? அதனை நிறுத்துவதற்கான மொத்த நேரமென்ன?

$u = 72$ கிலோமீட்டர்/மணி $= \frac{72,000,00}{60 \times 60}$ செ. மீ./விநாடி

$= 2000$ செ,மீ./விநாடி

$v = 36$ கிலோமீட்டர்/மணி $= 1000$ செ. மீ./விநாடி

$s = 100$ மீட்டர் $= 10000$ செ. மீ.

$v^2 = u^2 + 2as$ வாய்பாட்டைக் கையாள

$$1000^2 = 2000^2 + 2 \times a \times 100,00$$

அல்லது, $a = -\frac{2000^2 - 1000}{2 \times 100,00}$

அல்லது, $a = -150$ செ. மீ./விநாடி/விநாடி

இந்த நிலையிலிருந்து ஓய்வுக்கு வருவதற்கான தூரம் x ஆனால்

$u=1000$ செ. மீ./விநாடி

$v=o$ செ.மீ./விநாடி

$a=-150$ செ. மீ./விநாடி/விநாடி

$s=x$

எனவே, $v^2=u^2+2as$ ஆனதால்

$o=1000^2+2(-150)\,x$

அல்லது, $x=\frac{1000\times 1000}{2\times 150}$

அல்லது, $x=\frac{10000}{3}$ செ.மீ.

அல்லது, $x=\frac{100}{3}$ மீட்டர்

தடைபோட்டதிலிருந்து வண்டி நிற்பதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு:

$u=2000$ செ.மீ./விநாடி

$v=o$ செ.மீ./விநாடி

$a=-150$ செ.மீ /விநாடி/விநாடி

$t=?$

எனவே, $v=u+at$ என்பதைக் கையாள

$o=2000+(-150)\,t$

அல்லது, $t=\frac{2000}{150}=\frac{40}{3}$ விநாடி

புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி (Acceleration due to gravity)

உயரத்திலுள்ள ஒரு பொருளை கைநழுவ விட்டால் அது செங்குத்தாகக் கீழே விழும் என்பதும் அவ்வாறு விழும்போது அதன் திசை வேகம் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டே போகும் என்பதும் நமக்கு நன்றாகத் தெரியும். பூமியானது எல்லாப் பொருள்களையும் தன் மையத்தை நோக்கி ஒரு குறிப்பிட்ட விசையுடன் (இந்த விசைக்கு புவிஈர்ப்பு விசை எனப் பெயர்) இழுப்பதே இதற்குரிய காரணம். எந்த ஒரு விசையும்

ஒரு பொருளின் மீது தொழிற்பட்டால் அதில் ஒரு வேக வளர்ச்சியை உண்டாக்கும் என்பதனை நாம் பின்னர் பார்ப்போம். இவ்வாறாக, புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் பொருள்கள் அடையும் வேக வளர்ச்சி புவி ஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சி எனப்படும். பழங்காலத்தில் கனமான பொருள்களின் மீது இவ் வேக வளர்ச்சி அதிகமாக இருக்கும் எனவும், ஒரு கனமான பொருளையும் இலேசானதையும் ஒரே உயரத்திலிருந்து போட்டால், கனமான பொருள் முதலில் தரையை அடையும் எனவும் நம்பி வந்தார்கள். கிரேக்க அறிஞர் அரிஸ்டாட்டில் இதனைக் கூறினர்; அதனால் யாவரும் அதனை அப்படியே நம்பினர். ஆனால், கலிலியோ கலிலி என்பார், பைசா நகரின் சாய்ந்த கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து வெவ்வேறு பொருண்மையுள்ள பொருள்களைக் கீழே விழவிட்டு அவையாவும் ஒரே நேரத்தில் தரையை அடைகின்றன எனக் காண்பித்தார். பின்னர் சர் ஐசக் நியூட்டன் (Sir Issac Newton) வேறொரு சுவையான சோதனையொன்றைச் செய்து காட்டி இவ்வுண்மையை நிறுவினர். முற்றிலும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு குழாயினுள் ஒரு நாணயத்தையும் ஒரு இறகினையும் போட்டு அவை இரண்டும் ஒரே நேரத்தில் விழுவதனைக் காண்பித்தார்.

இவ்வேக வளர்ச்சியானது எல்லாப் பொருள்களுக்கும் ஒன்றாக இருந்தாலும் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகிறது. பூமத்திய ரேகைப் பகுதியில் இதன் மதிப்பு சிறுமமாகவும் (minimum) வட, தென் முனைகளில் பெருமமாகவும் (maximum) உள்ளது. இதனை எப்போதும் 'g' என்ற எழுத்தால் குறிப்பதே வழக்கம். இதன் மதிப்புக் கொடுக்கப்படாவிட்டால் அதனை 32 அடி/வினாடி/வினாடி அல்லது 980 செ. மீ./வினாடி/வினாடி என எடுத்துக் கொள்ளவும்.

சில குறிப்புகள்

புவிஈர்ப்பின் ஆளுகையில் பொருள்கள் இயங்குவதுபற்றிய கணக்குகளைப் போடும்போது பின்கண்ட குறிப்புகளை மனதில் கொள்வது நன்று.

(1) ஒரு பொருள் மேனோக்கி எறியப்பட்டால் அதன் வேகம் குறைந்துகொண்டே செல்லும். எனவே வேக வளர்ச்சியினை $-g$ என எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். பொருள் கீழ் நோக்கி எறியப்பட்டாலும் தானாக விழுந்தாலும் வேகவளர்ச்சி $+g$.

(2) பொருள் புறப்படும்போதுள்ள திசையில் அளக்கப் படும் திசை வேகங்களை நேர்குறியுடையனவாகவும், எதிர்த் திசையில் உள்ளவற்றை எதிர்க்குறி உடையனவாகவும் கொள்ளவேண்டும்.

(3) நாம் இடப்பெயர்ச்சியையே அளப்பதால் தொடக்க நிலைக்கும் இறுதி நிலைக்கும் இடைப்பட்ட பெயர்ச்சி தொடக்க திசையிலிருந்தால் நேர்க்குறியுடையதாகவும், எதிர்த்திசையி லிருந்தால் எதிர்க்குறியுடையதாகவும் கொள்ளவேண்டும். நமக்குப் பொருளினது பாதையின் நீளம் தேவையில்லை.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு பொருள் ஒரு உயரத்திலிருந்து தானுகக் கீழே விழு கின்றது.

(அ) அது 5 விநாடிகளில் அடையும் வேகம் என்ன ?

(ஆ) மூன்று விநாடிகளில் அது எவ்வளவு தூரம் விழும் ?

(இ) 64 அடி தூரம் விழுவதற்கு எவ்வளவு நேரமாகும் ?

(ஈ) 25 அடி விழுந்த நிலையில் அதன் திசை வேகம் என்ன ?

(உ) விநாடிக்கு 24 அடி எனும் திசை வேகத்தை அடைய அது எவ்வளவு தூரம் விழவேண்டும் ?

(அ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

பொருள் தானுகக் கீழே விழுவதால் ஆரம்ப நேர் வேகம்

$u=o$, $t=5$ விநாடி, $a=g=32$ அடி/விநாடி/விநாடி.

காணவேண்டியது :

$u=?$

$v=u+at$ எனும் சமன்பாட்டை பயன்படுத்த

$v=o+32\times 5=\underline{\underline{160}}$ அடி/விநாடி.

(ஆ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u=o$, $t=3$ விநாடி, $a=g=32$ அடி/விநாடி/விநாடி.

காண வேண்டியது :

$s=?$

$s=ut+\frac{1}{2}at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$s=o\times3+\frac{1}{2}\times32\times3^2=\underline{\underline{144}}$ அடி.

(இ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை:

$u=o$, $s=64$ அடி, $a=g=32$ அடி/விநாடி/விநாடி.

காணவேண்டியது :

$t=?$

$s=ut+\frac{1}{2}at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$64=o\times t+\frac{1}{2}\times32\times t^2$

அல்லது, $64=16t^2$

அல்லது, $t^2=\frac{64}{16}=4$

அல்லது, $t=\pm2$

நேரம் எதிர்க்குறியுடையதாக இருக்காதாதலான்

$t=+2$ விநாடி

(ஈ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u=o$, $s=25$ அடி, $a=g=32$ அடி/விநாடி/விநாடி

காணவேண்டியது :

$v=?$

$v^2=u^2+2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$v^2=o^2+2\times32\times25$

அல்லது, $v^2=64\times25$

அல்லது, $v=\pm(8\times5)=\pm40$

பொருள் மேலிருந்து கீழே விழுவதால் அதன் துவக்க திசைக்கு எதிர்ப்புறமாக, அதாவது, மேனோக்கி செல்லமுடியாது. எனவே $v=40$ அடி விநாடி.

(உ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u=o$, $v=24$ அடி/விநாடி, $a=g=32$ அடி/விநாடி.

காணவேண்டியது:

$s=?$

$v^2 = u^2 + 2\,as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$24^2 = o^2 + 2 \times 32 \times s$

அல்லது, $24^2 = 64s$,

அல்லது, $s = \frac{24 \times 24}{64}$

அல்லது, $s = 9$ அடி

(2) விநாடிக்கு 160 அடி எனும் திசை வேகத்தில் ஒரு பொருள் மேனோக்கி எறியப்படுகின்றது.

(அ) அது செல்லக்கூடிய மிக அதிகமான உயரம் என்ன?

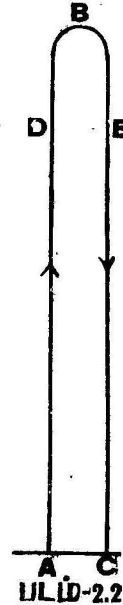
(ஆ) மிக உயர்ந்த இடத்தை அடைய ஆகும் நேரம் என்ன?

(இ) மீண்டும் தரையை அடைவதற்காகும் நேரம் என்ன?

(ஈ) மீண்டும் தரையை அடையும்போது அதன் திசை வேகம் என்ன?

(உ) அது 384 அடி உயரத்தை அடையும்போது அதன் உயரம் என்ன?

பொருள் மேனோக்கி எறியப்பட்டதால் அதன் வேகம் குறைந்துகொண்டே சென்று மிக உயர்ந்த இடத்தை (B) அடையும்போது சுழியாகி, பின்னர் போன வழியிலேயே வேக வளர்ச்சியடைந்து, புறப்பட்ட இடத்தை அடையும். ஆனால் வசதிக்காக வேண்டி திரும்பும்பாதை B C எனப் படத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம்-2.2

(அ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u = 160$ அடி/விநாடி. $a = -g = -33$ அடி/விநாடி/விநாடி

காணவேண்டியது :

$v = o$ ஆகும்போது $s = ?$

$v^2 = u^2 = +2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$o = 160^2 + 2\,(-82)\,s$$

அல்லது, $o = 160^2 - 64\,s$

அல்லது, $s = \dfrac{160 \times 160}{64} = 400$ அடி.

(ஆ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u = 160$ அடி/விநாடி, $a = -g = -\ 32$ அடி/விநாடி/விநாடி. காண வேண்டியது:

மிக உயரமான இடத்தை அடைய, அதாவது, $u = o$ ஆக $t = s$?

$v = u + at$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$o = 160 + (-32) \times t$$

அல்லது, $o = 160 - 32\,t$

அல்லது, $t = \dfrac{160}{32} = 5$ விநாடி.

(இ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u = 160$ அடி/விநாடி, $a = -g = -\ 32$ அடி/விநாடி/விநாடி, காண வேண்டியது:

மீண்டும் தரையை அடைகின்றது என்றால் புறப்பட்ட இடத்தை அடைகின்றது. எனவே $s = o$. இந்த நிலையை அடைய $t = ?$

$s = ut + \frac{1}{2}\,at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$o = 160 \times t + \tfrac{1}{2} \times (-32) \times t^2$$

அல்லது, $o = 160\,t - 16\,t^2$

அல்லது, $o = 10\,t - t^2$

அல்லது, $t^2 = 10\,t$

அல்லது, $t = 10$ விநாடி.

குறிப்பு : மிக உயர்ந்த நிலையை அடைய 5 விநாடி ஆகுமென முன்னர் கண்டோம். அங்கிருந்து புறப்பட்ட இடத்தை அடைய மேலும் 5 விநாடிகள் ஆகுமாதலால், மொத்தநேரம் = 10 விநாடி.

(ஈ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u = 160$ அடி/விநாடி, $a = -g = -32$ அடி/விநாடி/விநாடி. $s = o$.

காணவேண்டியது :

$v = ?$

$v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$v^2 = 160^2 + 2(-32) \times 0$

அல்லது. $v^2 = 160^2$

அல்லது, $v = \pm 160$ அடி/விநாடி.

இங்கே + 160 அடி/விநாடி என்பது புறப்படும் நிலையிலும் — 160 அடி/விநாடி என்பது மீண்டுவரும் நிலையிலும் (மீண்டு வரும்போது எதிர்த்திசையில் வருவதால் — 160) உள்ள திசை வேகங்களைக் குறிக்கும்.

(உ) கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

$u = 160$ அடி/விநாடி, $a = -g = -32$ அடி/விநாடி/விநாடி. $s = 384$ அடி.

காணவேண்டியது :

$v = ?$

$v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$v^2 = 160^2 + 2(-32) \times 384$

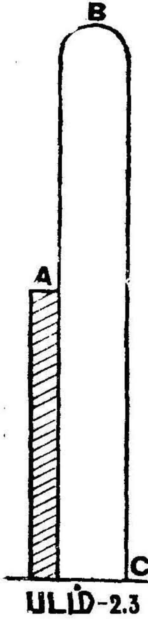
அல்லது, $v^2 = 25600 - 24576$

அல்லது, $v^2 = 1024$

அல்லது, $v = +32$ அடி/விநாடி.

இங்கே + 32 அடி/விநாடி என்பது அது மேனோக்கி செல்லும்போது 384 அடி உயரத்தை அதாவது D யை அடையும்போது திசை வேகம்; —32 அடி/விநாடி என்பது உச்ச நிலையை அடைந்து பின் கீழ்நோக்கி வரும்போது 384 அடி உயரத்தில் மீண்டுமொரு முறை இருக்கும்போது (E) உள்ள திசைவேகம்.

(3) 96 அடி உயரமுள்ள ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து ஒரு கல், வினாடிக்கு 80 அடி திசைவேகத்தில் மேனோக்கி எறியப்படுகிறது. அது தரையை அடைவதற்காகும் நேரமென்ன ?



படம்-2.3

கொடுக்கப்பட்டுள்ளவை :

கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து (A) மேனோக்கி எறியப்படும் கல்லின்வேகம் குறைந்து கொண்டே சென்று உச்ச நிலையில் (B) வேகம் சுழியாகி, பின்னர் கீழ்நோக்கி வந்துத் தரையைத் தொடும். கல்புறப்பட்ட இடம் A; இறுதியில் வந்துசேரும் இடம் எதிர்த்திசையில் C. எனவே இடப்பெயர்ச்சி,

$s = - AC = -96$ அடி.

$u = 80$ அடி/வினாடி, $a = -g = -32$ அடி/வினாடி/வினாடி

காணவேண்டியது :

$t = ?$

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$-96 = 80 \times t + \frac{1}{2}(-32) \times t^2$

அல்லது, $-96 = 80 \times t - 16t^2$

அல்லது, $-6 = 5t - t^2$

அல்லது, $t^2 - 5t - 6 = o$

அல்லது, $t^2 - 6t + t - 6 = o$

அல்லது, $t(t-6) + 1(t-6) = o$

அல்லது, $(t-6)(t+1) = o.$

எனவே, $t-6=o$ அல்லது $t+1=o$

எனவே, $t=6$ அல்லது $t=-1$

நேரம் எதிர்க்குறி உடையதாக இருக்கமுடியாது. எனவே, $t=6$ வினாடி.

(4) ஒரு கட்டிடத்தின் உச்சியிலிருந்து செங்குத்தாக மேனோக்கி 9·8 மீட்டர்/விநாடி வேகத்தில் எறியப்பட்ட ஒருகல் 4 விநாடிகளில் தரையை அடைகிறது. அவ்வாறானால் அக்கட்டிடத்தின் உயரமென்ன?

கட்டிடத்தின் உயரம் h எனக்கொள்வோம்.

$u = 9{\cdot}8$ மீட்டர்/விநாடி $= 980$ செ.மீ./விநாடி

$a = -g = -980$ செ.மீ./விநாடி/விநாடி

$t = 4$ விநாடி

$s = -h$

எனவே, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ என்பதைக் கையாள,

$-h = 980 \times 4 + \frac{1}{2}(-980) \times 4^2$

அல்லது, $-h = 980 \times 4 - 980 \times 8$

அல்லது, $h = 980\ (8 - 4)$

அல்லது, $h = 980 \times 4$

அல்லது, $h = 3920$ செ.மீ.

அல்லது, $h = 39{\cdot}2$ மீட்டர்.

(5) 78·4 மீட்டர் ஆழமுள்ள ஒரு கிணற்றில் ஒரு கல்லைப் போட, நீர்த்தெறிக்கும் ஒலியானது கல்லைப்போட்டதிலிருந்து $4\frac{98}{410}$ விநாடிகள் கழித்து மேலே கேட்கிறது. காற்றில் ஒலியின் வேகம் என்ன?

கல் விழுவதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிட:

$u = 0$

$s = 78{\cdot}4$ மீட்டர் $= 7840$ செ.மீ.

$a = 980$ செ.மீ./விநாடி/விநாடி.

$t = ?$

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$ வாய்பாட்டைக் கையாள

$7840 = 0 + \frac{1}{2} \times 980 \times t^2$

அல்லது, $t^2 = \dfrac{7840}{490} = 16$

அல்லது, $t = 4$ விநாடி,

எனவே, கல் பட்டவுடன் நீர் தெறிப்பதால் எழும் ஒலி

மேலே எட்ட ஆகும் நேரம் $= 4\frac{98}{410} - 4$

$= \frac{98}{410}$ விநாடி.

எனவே, ஒலியின் வேகம் $= \frac{s}{t} = \frac{7840}{98/410}$

$= \frac{7840 \times 410}{98}$

$=$ 32800 செ.மீ./விநாடி

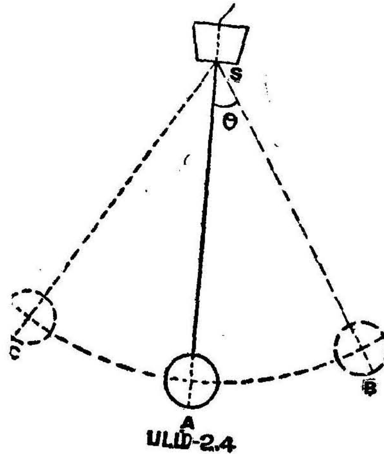
$=$ 328 மீட்டர்/விநாடி

தனி ஊசல்

புவியீர்ப்பின் வேக வளர்ச்சியைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு ஒரு தனி ஊசலைப் பயன்படுத்தலாம்.

தனி ஊசல் (Simple Pendulum)

தனி ஊசல் என்பது எடையேயில்லாத ஒரு நூலிலிருந்து தொங்கவிடப்படும் மிகவும் கனமான ஒரு துகள் (Particle)



படம்-2.4

ஆகும். ஆனால் எடையேயில்லாத ஒரு நூலினால் எடைமிக்க ஒரு பொருளை எவ்வாறு தொங்கவிட முடியும்? எனவே, நடை

முறையில் ஒரு கனமான சிறு குண்டு (bole) முறுக்கற்ற, இலேசான நூலினுல் தொங்கவிடப்படும். இந்நூலின் மறுமுனையானது ஒரு பிளந்த தக்கையின் (cork) இருபகுதிகளின் ஊடே படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு செலுத்தப்படும்.

ஊசல் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள புள்ளியாகிய S, ஊசலின் தொங்குநிலை (Point of suspension) எனப்படும். குண்டினது ஈர்ப்பு மையம் (centre of gravity) அலைவு மையம் (centre of oscillation) எனப்படும். தொங்கு நிலைக்கும் அலைவு மையத்திற்கும் இடையேயுள்ள தூரம் ஊசலின் நீளம்.

ஊசலினது குண்டினை அதன் அமைதி நிலையிலிருந்து (A) ஒருபுறம் சற்று இழுத்து (Bவரை) விட்டால் அது Aஐ நோக்கி விரையும். Aஐ அடையும்வரை அதன்வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும்; பின்னர் வேகம் குறைந்துகொண்டே சென்று மறுபுறத்தில் Cஐ அடையும்போது அதன்வேகம் சுழியாகும். பின்னர், திரும்பி Aஐ நோக்கி விரையும். அங்கிருந்து வேகம் குறையக் குறைய Bஐ அடையும். இவ்வாறு குண்டு தொடர்ந்து அலைவுறும்போது, ஊசல் அதன் அமைதி நிலையிலிருந்து எந்த ஒரு பக்கத்திலும் அடையும் மிக அதிகமான கோணப் பெயர்ச்சி (angular displacement) ஊசலின் வீச்சு (amplitude) எனப்படும். குண்டு அமைதி நிலையை ஒரு திசையில் கடப்பதற்கும் தொடர்ந்து அடுத்தமுறை அதே திசையில் அமைதி நிலையைக் கடப்பதற்கும் இடைப்பட்ட இயக்கம் ஒரு அலைவு (oscillation) எனப்படும். இத்தகைய ஒரு முழு அலைவிற்கு ஆகும் நேரம் அலைவுநேரம் (Period) எனப்பெறும்.

தனி ஊசலின் விதிகள்

தனி ஊசலைப்பற்றிய விதிகளாவன :

(1) குண்டானது மிக இலேசாக இல்லாதிருக்குமாளுல் சிறு வீச்சுகளுக்கு தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் குண்டினது பொருண்மையையோ, என்ன பொருளால் ஆனது என்பதையோ, அல்லது அதன் அளவு, உருவம் ஆகியவற்றையோ பொறுத்ததல்ல.

(2) வீச்சு சிறிதாக இருக்குமாளுல், ஒரு தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் அதன் வீச்சைப் பொறுத்திருக்காது.

(3) சிறு வீச்சுகளுக்கு ஒருதனி ஊசலின் அலைவுநேரம் அதன் நீளத்தின் இருபடி மூலத்திற்கு (Square root) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

ஒரு தனி ஊசலின் நீளம் l ஆகவும் அதன் அலைவுநேரம் T ஆகவும் இருந்தால், இவ்விதிப்படி,

$$T \propto \sqrt{l}$$

(4) சிறு வீச்சுகளுக்கு ஒரு தனி ஊசலின் அலைவு நேரம், அது அளக்கப்பெறும் இடத்தின் புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சியின் இருபடி மூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

எனவே, ஓரிடத்தில் புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி 'g' ஆனால் அங்கே தனி ஊசலின் அலைவுநேரம்

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

இவ்விதிகளிலிருந்து ஒரு தனி ஊசலான அலைவு நேரம் அதன் நீளத்தையும், இடத்தின் புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சியையும் மட்டிலுமே பொறுத்திருக்கிறது என்பது தெரிகிறது. எனவே,

$$T \propto \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ அல்லது } T = k\sqrt{\frac{l}{g}} \text{ இங்கே}$$

k என்பது ஒரு மாறிலி. இதன் மதிப்பு 2π என வேறுவகைகளில் காட்டலாம். எனவே,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

சோதனை 2.1

ஓரிடத்தில் புவிஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சியினை தனி ஊசலியைக் கொண்டு கண்டுபிடித்தல்.

கோள வடிவிலுள்ள ஒரு ஈயக் குண்டினையும் இலேசான முறுக்கில்லாத ஒரு நூலினையும் கொண்டு படம் 2·4ல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு தனி ஊசலை அமைக்க வேண்டும். தக்கையானது ஒரு தாங்கியில் இறுகப் பற்றுவிக்கப்பட வேண்டும். முதலில், ஒரு வர்னியர் காலிப்பர்சைக் கொண்டு குண்டினது

விட்டத்தையும் (Diameter) அதனால் அதன் ஆரத்தையும் (Radius) (r) காணவேண்டும். பிறகு குண்டின் அடியில் ஒரு கட்டையினைப் பிடிப்பதன் வாயிலாக ஊசலின் நூல் தொய்வில்லாமல் இருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு அக்கட்டையின் மேற்பரப்பிற்கும் (அதாவது குண்டின் அடிப்புறத்திற்கும்) தக்கையின் அடிப்பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை (L) அளக்க வேண்டும். அப்போது ஊசலின் நீளம் $l = L - r$ என்பது தெளிவு. இம்முறையில் ஊசலின் நீளம் எந்த அளவு வேண்டுமானாலும் இருக்குமாறு அமைத்துக் கொள்ளலாம்.

இவ்வாறு 70 செ.மீ. நீளமுடைய ஒரு தனி ஊசலை அமைத்துக்கொண்டு, அதன் அமைதி நிலையில் குண்டிற்கு முன்னால் ஒரு குறிமுள்ளை வைத்துவிட்டு குண்டினை ஒருபுறம் இலேசாக இழுத்து விடவேண்டும். ஒன்றிரண்டு அலைவுகளுக்குப்பின் அலைவுகள் நிலைபெற்று ஓரே செங்குத்துத் தளத்தில் அலைவுகள் நிகழும். அப்போது, குண்டு ஒருபுறமிருந்து மறுபுறம் (காட்டாக வலமிருந்து இடப்புறம்) அமைதி நிலையைத் தாண்டும்போது ஒரு நிறுத்தக் கடிகாரத்தை ஓடவிட வேண்டும். அடுத்த தடவை அமைதி நிலையை அதே திசையில் தாண்டும்போது ஒன்று எனவும், அதற்கு அடுத்த முறை அதே திசையில் தாண்டும்போது இரண்டு எனவும் எண்ணவேண்டும். இவ்வாறாக 20 எண்ணிய அக்கணத்திலேயே கடிகாரத்தை நிறுத்தி நேரத்தைக் காணவேண்டும். இது 20 அலைவுகளுக்கான நேரமாகும். இவ்வாறே மீண்டுமொருமுறைக் கண்டுபிடித்து சராசரி நேரத்தைக் காணவேண்டும். இதிலிருந்து ஒரு அலைவுக்கான நேரம் அதாவது, அலைவு நேரம் (T) தெரியும். இவ்வாறே, ஊசலின் நீளத்தை 80 செ.மீ., 90 செ.மீ., 100 செ.மீ., 110 செ.மீ., 120 செ.மீ. என மாற்றி அமைத்து ஒவ்வொரு நீளத்திற்கும் (l) அலைவு நேரத்தைக் (T) கண்டுபிடிக்க வேண்டும். எடுக்கும் குறிப்புகளை பக்கத்து அட்டவணையில் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

ஆய்வுகளின் பிழைகட்குட்பட்ட நிலையில் $\frac{l}{T^2}$ ன் மதிப்பு எல்லா நீளங்களுக்கும் ஒன்றாக இருக்கக் காணப்படும்.

[எனவே $T^2 \propto l$ அல்லது $T \propto \sqrt{l}$. இது ஊசலின் மூன்றாவது விதியை மெய்ப்பிக்கிறது. l க்கும் T^2 க்கும் இடையே ஒரு வரை படம் வரைந்தால் அது ஒரு நேர்க்கோடாக இருக்கக் காணப்படும். இதுவும் மூன்றாவது விதியினை மெய்ப்பிக்கிறது.]

குண்டினது ஆரம் $r =$

எண்	தக்கையின் அடிக்கும் குண்டின் அடிக்கும் உள்ள தூரம் L	ஊசலின் நீளம் l	20 அலைவுகட்கான நேரம்			அலைவு நேரம் T	T^2	$\frac{l}{T^2}$
			1	2	சராசரி			
							சராசரி	

$\frac{l}{T^2}$ ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும்

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ என நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$ அல்லது $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$

இச்சமன்பாட்டில் $\left(\frac{l}{T^2}\right)$ன் சராசரி மதிப்பைப் பதிலிட (Substitute) gன் மதிப்பு கிடைக்கும். இதனை செ.மீ./விநாடி/விநாடி என்னும் அலகில் குறிப்பிட வேண்டும்.

விநாடி ஊசல் (Second Pendulam)

ஒரு பாதி அலைவிற்கு ஒரு விநாடி, அதாவது, ஒரு முழு அலைவிற்கு இரு விநாடிகள் எடுத்துக்கொள்ளும் ஒரு தனி ஊசலே விநாடி ஊசல் எனப்படும்

மேலே செய்த சோதனையைக்கொண்டே விநாடி ஊசலின் நீளத்தைக் கணக்கிடலாம். $\frac{l}{T^2}$ன் சராசரி மதிப்பைக் கண்டு பிடித்தோம். இதனை K எனக் கொண்டால் $\frac{l}{T^2} = K$.

இதில் $T=2$ எனப்பதிலிட l-ன் மதிப்பு கிடைக்கும் அல்லது l-க்கும் T^2க்கும் இடையே வரைந்த வரைபாகத்தில் $T^2=4$ என்பதற்கு நேராக உள்ள நீளமே விநாடி ஊசலின் நீளமாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு தனி ஊசல் 20 அலைவுகளுக்கு 36 விநாடிகளை எடுத்துக் கொள்கிறது. அதன் நீளமென்ன ?

($g=980$ செ. மீ./விநாடி/விநாடி)

20 அலைவுகளுக்கு நேரம் $= 36$ விநாடி

1 அலைவுக்கு நேரம் அல்லது அலைவு நேரம், T $\Big\} = \frac{36}{20} = 1.8$ விநாடி

$g = 980$ செ. மீ/விநாடி/விநாடி

$l = ?$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ என்பது நமக்குத் தெரியும்

எனவே, $T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$

அல்லது, $l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$

அல்லது, $l = \frac{980 \times 1.8^2}{4 \times \pi^2}$

$l = 80.42$ செ. மீ.

(2) 63.5 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு தனி ஊசல் 30 அலைவுகளுக்கு 48 வினாடிகள் எடுத்துக்கொள்கிறது. அந்த இடத்தில் புவி ஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி என்ன ?

30 அலைவுகட்கு நேரம் = 48 வினாடி

எனவே, அலைவு நேரம் $T = \frac{48}{30} = 1.6$ வினாடி

ஊசலின் நீளம் $l = 63.5$ செ.மீ.

$g = ?$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ என நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$

அல்லது, $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$

எனவே, $g = 4 \times \pi^2 \frac{\times 63.5}{1.6^2}$

அல்லது, $g = 975.5$ செ.மீ./வினாடி/வினாடி.

(3) சென்னையில் புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி 978.2 செ.மீ./வினாடி/வினாடி. ஆனால் அங்கே ஒரு வினாடி ஊசலின் நீளம் என்ன ?

இங்கே, $g = 978.2$ செ.மீ/வினாடி/வினாடி.

வினாடி ஊசல் ஆதலின் $T = 2$ வினாடி.

$l = ?$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$ என்பது நமக்குத் தெரியும்.

எனவே, $T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$

அல்லது, $l = \frac{g\,T^2}{4\pi^2}$

அல்லது, $l = \frac{978{\cdot}2 \times 2^2}{4 \times \pi^2}$

அல்லது, $l = 99{\cdot}1$ செ. மீ.

நியூட்டனின் இயக்க விதிகள்

வேகத்திணிவு (Momentum)

அமைதி நிலையிலிருக்கும் ஒரு கோலிக்குண்டின்மீது வேறொரு கோலிக்குண்டு வந்து பட்டால் முதல் குண்டும் நகர ஆரம்பிக்கிறது. அதாவது, இயக்கத்தைப் பெறுகிறது. இரண்டாவது குண்டு தன் இயக்கம் முழுவதையுமோ அல்லது பகுதியையோ முதல் குண்டிற்குக் கொடுக்கின்றது. இப்போது இரண்டாவது குண்டு முன்னிலும் வேகமாகவந்து தாக்கினால் முதல் குண்டும் விரைந்து செல்லக் காணலாம். எனவே, முதல் குண்டு வேகமாக வரும்போது முன்னிலும் அதிகமான இயக்கத்தை பெற்றுள்ளது. எடை அதிகமான குண்டினை இரண்டாவது குண்டாகப் பயன்படுத்தினாலும் முதல் குண்டு வேகமாகச் செல்லக்காணலாம். இவற்றிலிருந்து, ஒரு பொருளின் இயக்கம் அதன் பொருண்மையையும் திசை வேகத்தையும் பொறுத்தது என்பதும், அது இயக்கத்தைப் பெற்றிருப்பதால் வேறு பொருள்களின்மீது மோதி அவற்றை இயங்கச்செய்யும் என்பதும் தெரிகிறது. இவ்வாறு ஒரு பொருள் பெற்றுள்ள இயக்கத்தின் மொத்த அளவு அதன் வேகத்திணிவு எனப் பெயர் பெறும். எனவே, வேகத்திணிவினைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறை செய்யலாம்.

ஒரு பொருள் பெற்றுள்ள மொத்த இயக்கத்தின் அளவு அதன் வேகத்திணிவு எனப்படும். இவ்வியக்கத்தின் காரணமாக அது வேறு பொருள்களை இயங்கச் செய்யும். ஒரு பொருளின் வேகத் திணிவு அதன் பொருண்மை, திசைவேகம் ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனாகும்.

எனவே v திசை வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின் வேகத்திணிவு—mv.

இதற்கெனத் தனிப் பெயருடைய அலகுகள் இல்லை. 1 கிராம் பொருண்மையுள்ள பொருள் 1 செ.மீ /விநாடி திசை வேகத்தில் சென்றால் அதன் வேகத்திணிவு 1 செ.கி.வி. அலகு எனப்படும். அவ்வாறே, 1 பவுண்டு பொருண்மையுடைய பொருள் 1 அடி/விநாடி/விநாடி நேர் வேகத்தில் சென்றால் அதன் வேகத்திணிவு 1 அ.ப.வி. அலகு எனப்படும்.

வேகத்திணிவு பொருளின் திசைவேகத்தைப் பொறுத்திருப்பதால் இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதன் திசை, திசைவேகத்தின் திசையே.

நியூட்டனின் இயக்க விதிகள்

பழுத்துக் கனிந்த ஒரு ஆப்பிள், மரத்திலிருந்து விழுந்தது, தற்செயலாக நியூட்டனின் கவனத்தைக் கவர்ந்தது; அவர் சிந்தையைத் தூண்டியது; இயக்கத்தைப் பற்றியும் ஈர்ப்பாற்றல்களைப் பற்றியும் எண்ணத்தலைப்பட்டார். ஏறத்தாழ 20 ஆண்டுகாலச் சோதனைகளின் வாயிலாக கோள்களின் இயக்கங்களைப் பற்றிய முடிவுகளைக் கண்டார். அத்தோடு பொதுவாக இயக்கங்களைப் பற்றிய மூன்று விதிகளையும் கண்டார். இவற்றைக் காண்பதற்கு கலிலியோவினது சோதனைகளின் முடிவுகளையும் இவர் கையாண்டார். இவர் கண்ட இயக்கம் பற்றியப் பொது விதிகள் எல்லாவிடத்தும் செல்லுபடியாகும். ஆனால், ஒளியின் வேகத்தோடு செல்லும் பொருள்களின் இயக்கத்திற்கு இவற்றில் மாறுதல்கள் வேண்டும். அவற்றிற்கான புது விதிகளை ஐன்ஸ்டின் தந்தார் என்பது நாமறிந்ததே. இப்போது நியூட்டனின் விதிகளைக் காண்போம்.

முதல் விதி

அமைதி நிலையிலோ அல்லது ஒரு நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான இயக்கத்திலோ இருக்கும் எந்த ஒரு பொருளும் வேறு புறவிசைகளால் வற்புறுத்தப்பட்டாலொழிய அதே நிலையிலேயே தொடர்ந்து இருக்கும்.

இரண்டாவது விதி

ஒரு பொருளின் வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் அதன்மீது தொழிற்படுத்தப்பெறும் விசைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

மேலும், அதன் வேகத்திணிவு அவ்விசையின் திசையிலேயே மாறும்.

மூன்ருவது விதி

எந்த ஒரு செயலுக்கும் அதற்குச் சமமான ஆனுல் எதிர்த் திசையில் செயல்படும் ஒரு எதிர்ச்செயல் எப்போதும் உண்டு.

இப்போது, இவ்விதிகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருக ஆராய் வோம்.

முதல் விதி

முதல் விதி என்ன கூறுகிறது? அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் எப்போதும் அமைதி நிலையிலேயே இருக்கும். அதன் நிலையை மாற்ற வேண்டுமானுல் அதன்மீது ஒரு விசையைத் தொழிற்படுத்த வேண்டும். காட்டாக, தெருவில் கிடக்கும் கல் யாரேனும் அதனை எடுத்தெறியும்வரை அங்கேதான் கிடக்கும். அவ்வாறே ஒரு நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு பொருள், அதே நேர்கோட்டில் அதே வேகத்திலேயே சென்று கொண்டிருக்கும் அதன் திசையோ அல்லது வேகமோ மாற வேண்டுமானுல் வேறு விசை அதன்மீது தொழிற்பட வேண்டும். காட்டாக, நேரான சாலையில் ஒரே வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கும் உந்து வண்டியைத் திரும்ப அதன் இயக்காழியைத் (Steering wheel) திருப்பவேண்டும்; அதன் வேகத்தைக் குறைத்து நிறுத்த, பிரேக் போடவேண்டும். இவற்றிலிருந்து என்ன தெரிகிறது? எந்த ஒரு பொருளும் தன்னுடைய இயக்க நிலையைத் தானுகவே மாற்றிக்கொள்ள முடியாது. அதன் நிலையை மாற்றுவதற்கு ஒரு புறச் செயலி தேவை. இந்த முதல் பண்பு, அதாவது, அமைதி நிலையிலோ அல்லது ஓர் நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான இயக்கத்திலோ இருக்கும் எந்த ஒரு பொருளும் தன்னுடைய நிலை யைத் தானே மாற்றிக்கொள்ள முடியாமை ஆகிய இயலாமை அப் பொருளின் சடத்துவம் (Inertia) எனப்படும். இச் சடத்துவம் இருப்பதன் காரணமாக அதன் நிலையை மாற்றுவதற்கு ஒரு புறச் செயலி தேவை. இப்புறச் செயலி விசை (Force) எனப் படும். எனவே, அமைதி நிலையிலோ அல்லது ஒரு நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான இயக்கத்திலோ இருக்கும் ஒரு பொருளின்மீது தொழிற் படுவதால் அதன் நிலையை மாற்றவோ அல்லது மாற்ற முயலவோ செய்யும் செயலிக்கு விசையெனப் பெயர்.

விசை ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை அளக்கும் முறைமையை இரண்டாம் விதியிலிருந்து பெறலாம்.

இவ்வாருக, முதல் விதியிலிருந்து பொருள்களின் சடத்துவம், விசை ஆகியவற்றின் வரையறைகளைப் பெற்ருேம்.

இரண்டாவது விதி

ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை தொழிற்பட்டால் அதன் இயக்கம் மாறுகிறது. அதனுல், அதன் வேகத்திணிவு மாறுபடுகிறது. இந்த வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் அவ்விசைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். இதிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட விசை தொழிற்படும்போது பொருளின் பொருண்மை அதிகமானுல் அதன் வேகம் அதிகரிக்கும் வீதம் குறைவாக இருக்குமென்பதும், பொருண்மை அதிகமாக இருந்தால் வேகம் அதிகரிக்கும் வீதம் குறைவாக இருக்குமென்பதும், தெரிகிறது. நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைப் பயன்படுத்தி நாம் விசையினை அளக்கும் முறையைக் காணலாம்.

விசைக்கான சமன்பாட்டினை வருவித்தல்

ஒரு நேர்கோட்டில் u எனும் திசை சென்று கொண்டிருக்கும் m பொருண்மையை உடைய ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். இதன்மீது F என்னும் விசைத் தொழிற்பட்டு t விஞடிகளில் அதன் திசைவேகத்தை v என மாற்றட்டும். இவ்வாறு அதன் வேகம் மாறும்போது அதன் வேக வளர்ச்சி 'a' எனக்கொள்வோம்.

பொருளின் ஆரம்ப வேகத்திணிவு $= mu$

பொருளின் ஆரம்ப இறுதி வேகத்திணிவு $= mv$

வேகத்திணிவு ஏற்படும் மாறுதல் $= mv - mu$

இம்மாறுதல் t விஞடிகளில் நிகழ்வதால்,

வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் $= \dfrac{mv - mu}{t}$

$$= \frac{m(v - u)}{t}$$

ஆனுல், $\dfrac{v - u}{t}$ என்பது திசை வேகம் மாறும் வீதம், அதாவது,

வேக வளர்ச்சி a. எனவே,

வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் $= ma$

ஆனால், நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி, வேகத்திணிவு மாறும் வீதமானது அதன்மீது தொழிற்படும் விசைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே,

$$F \propto ma$$

அல்லது, $F = k\,ma$ இங்கே k என்பது ஒரு மாறிலி. விசைக்கான அலகினைத் தகுந்தவாறு தேர்ந்தெடுப்பதன் வாயிலாக இந்த k-ன் மதிப்பை 1 ஆகச் செய்யலாம். எந்த விசையானது ஒரு அலகு பொருண்மையின்மீது தொழிற்பட்டு ஒரு அலகு வேக வளர்ச்சியை உண்டாக்குகிறதோ அந்த விசை ஒரு அலகு விசை (unit force) எனப்படும்.

இந்த வரையறைப்படிப் பார்க்கும்போது, $m=1$ ஆகவும் $a=1$ ஆகவும் இருந்தால் $F=1$ ஆகஇருக்கவேண்டும். எனவே,

$$1 = k.\ 1.\ 1$$

அல்லது, $k=1$

எனவே, $F=ma$

விசையின் அலகுகள்

செ. கி. வி. முறையில் விசையின் தனி அலகு (Absolute unit) ஒரு டைன் (Dyne) ஆகும்.

ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டு அதில் ஒரு செ. மீ./விநாடி/விநாடி எனும் வேக வளர்ச்சியை உண்டாக்கும் விசையானது ஒரு டைன் எனப்படும்.

அ. ப. வி. முறையில் விசையின் தனி அலகு ஒரு பவுண்டல் (poundal) ஆகும்.

ஒரு பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டு அதில் 1 அடி/விநாடி/விநாடி எனும் வேக வளர்ச்சியை உண்டாக்கும் விசையானது ஒரு பவுண்டல் எனப்படும்.

செ. கி. வி. முறையில் விசையின் புவிஈர்ப்பு அலகு (Gravitational unit) கிராம் எடையாகும் (Gram weight).

ஒரு கிராம் எடை என்பது ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை பூமி தன் மையத்தை நோக்கி இழுக்கும் விசையாகும்.

பூமியானது எல்லாப் பொருள்களையும் 'g' எனும் ஒரே சீரான வேக வளர்ச்சியோடு இழுப்பதால்,

1 கிராம் எடை $=1$ கிராம் $\times\, g$ செ. மீ./வினாடி/வினாடி அல்லது, 1 கிராம் எடை $=1\times g$ கிராம் $\times$ செ. மீ./வினாடி/வினாடி அல்லது, கிராம் எடை $=g$ டைன்கள்.

அ.ப.வி. முறையில் விசையின் புவிஈர்ப்பு அலகு பவுண்டு எடையாகும் (Pound weight).

1 பவுண்டு எடை என்பது ஒரு பவுண்டு பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை பூமி தன் மையத்தை நோக்கி இழுக்கும் விசையாகும்.

முன்போல்,

1 பவுண்டு எடை $=1$ பவுண்டு $\times\, g$ அடி/வினாடி/வினாடி அல்லது, 1 பவுண்டு எடை $=1\times g$ பவுண்டு $\times$ அடி/வினாடி/வினாடி அல்லது, 1 பவுண்டு எடை $=g$ பவுண்டல்.

எனவே, புவிஈர்ப்பு அலகில் சொல்லப்படும் ஒரு அளவை தனி அலகில் மாற்றுவதற்கு g-ஆல் பெருக்க வேண்டும்.

விசையானது வேக வளர்ச்சியினைச் சார்ந்திருப்பதால் இதுவும் ஒரு வெக்டர் அளவாகும்.

பொருண்மையும் எடையும்

ஒரு பொருளின் பொருண்மை என்பது அதில் அடங்கியுள்ள பொருளின் அளவைக்குறிக்கும். ஆனால் எடை என்பது அப்பொருளை பூமி தன் மையத்தை நோக்கி இழுக்கும் விசையைக் குறிக்கும். எனவே, ஒரு பொருளின் பொருண்மை m ஆனால் அதன் எடை mg.

ஒரு பொருளின் பொருண்மை எல்லாவிடங்களிலும் ஒன்றே. ஆனால் அதன் எடையானது புவிஈர்ப்பினைச் சார்ந்திருப்பதால் இடத்திற்கு இடம் வேறுபடும். பொருண்மையை ஒரு பௌதிகத் தராசினைக் கொண்டு அளக்கலாம். இங்கு ஒரு பொருளின் பொருண்மையை மற்றொரு பொருளின் பொருண்மையோடு ஒப்பிடுகிறோம், அவ்வளவுதான். எடையை ஒரு

வில் தராசினுல் கண்டுபிடிக்கலாம். எனவே வில் தராசு ஒரே பொருளுக்கு வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறு எடையைக் காண்பிக்கும்.

பொருண்மையை கிராம், பவுண்டு போன்ற அலகுகளாலும், எடையை விசையின் அலகுகளாலும் அளக்க வேண்டும்.

மூன்ருவது விதி

மூன்ருவது விதியின்படி எந்த ஒரு செயலுக்கும் எதிர்ச் செயல் உண்டு. இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் ஆனுல் எதிரெதிர்த் திசைகளிலும் இருக்கும். காட்டாக மேசையின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு புத்தகத்தின் எடை கீழ்நோக்கி மேசையை அழுத்துகிறது. இந்த விசை மட்டிலுமே இருந்தால் நூலானது மேசையைப் பொத்துக்கொண்டு செல்ல வேண்டும். ஆனுல் ஏன் அவ்வாறு நிகழ்வதில்லை? மேசையானது இவ்விசையை எதிர்க்கிறது. இந்த எதிர் விசை நூலின் எடையைவிட அதிகமாக இருந்தால் நூல் மேலே தூக்கி எறியப்படும்; குறைவாக இருந்தால் நூல் மேசையைப் பொத்துக்கொண்டு செல்லும். இவ்விரண்டும் நிகழாததால் விசையும் எதிர் விசையும் சமமென்பது தெளிவாகிறது. இதுவே மூன்ரும் விதியாகும்.

வேகத்துணிவு அழியாமைத் தத்துவம் (Principle of conservation of momentum)

நியூட்டனின் மூன்ருவது விதிப்படி ஒவ்வொரு செயலுக்கும் சமமான எதிர்ச்செயல் உண்டெனக் காண்போம். அங்கே, செயலை விசையெனக் கொள்ளலாம். இப்போது ஒரு பொருள் (A) மற்ருெரு பொருளின்மீது (B) வந்து பட்டால் A ஆனது B-யின்மீது ஒரு விசையைத் தொழிற்படுத்துகிறது. இவ்விசைத் தொழிற்படுகின்ற காலத்தில் B-யானது A-ன்மீது இதற்குச் சமமான ஒரு விசையை எதிர்ப்புறத்தில் தொழிற்படுத்தும். இந்த நேரத்தில் A-யானது B-க்கு தன் இயக்கத்தில் அதாவது, வேகத்திணிவில் ஒரு பகுதியைக் கொடுக்கிறது. அதனல் A-ன்வேகத்திணிவு குறைகிறது. ஆனுல், B-ன் வேகத்திணிவு அதிகமாகிறது. அதாவது, A-இழந்ததை B பெறுகிறது. எனவே இருபொருள்களையும் சேர்த்துப் பார்க்கும் போது அவற்றின் மொத்த வேகத்திணிவில் மாறுதல் இல்லை. இதுவே வேகத்திணிவு அழியாமைத் தத்துவம் எனப்படும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம். பல பொருள்களின்

இயக்கங்களை உள்ளடக்கிய ஒரு மூடிய அமைப்பில் மொத்த வேகத் திணிவு எப்போதும் மாறாது.

நியூட்டனின் மூன்றாவது இயக்க விதியிலிருந்து இத்தத்துவத்தினை பின்கண்டவாறு எளிதில் வருவிக்கலாம்.

m_1, m_2 பொருண்மையுடைய A, B எனும் இருபொருள்கள் ஒரு நேர்கோட்டில் u_1, u_2 திசைவேகங்களில் சென்றுகொண்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது A-ஆனது B-ன்மீது மோதினால் இரண்டினது இயக்கங்களும் மாறும். அதனால், அவை முறையே v_1, v_2 திசை வேகங்களில் செல்வதாகக்கொள்வோம். மோதுதலாகிய நிகழ்ச்சி t வினாடிகள் நீடித்திருக்குமானால், இந்த t வினாடிகளில்.

A-ன் வேகத்திணிவில் மாறுதல் $= mv_1 - mu_1$

எனவே, A-ன் வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் $= \dfrac{mv_1 - mu_1}{t}$

அவ்வாறே, B-ன் வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் $\dfrac{mv_2 - mu_2}{t}$

ஆனால், நியூட்டனின் இரண்டாவது இயக்க விதியைப் பயின்றபோது வேகத்திணிவு மாறும் வீதம் விசை எனக்கண்டோமாதலின், B-ன்மீது A செலுத்தும் விசை $= \dfrac{mv_1 - mu_1}{t}$ A-யின் திசையில், A-ன்மீது B செலுத்தும் எதிர் திசை $\dfrac{mv_2 - mu_2}{t}$ B-ன் திசையில் $= -\dfrac{mv_2 - mu_2}{t}$ A-ன் திசையில்

ஆனால், நியூட்டனின் மூன்றாவது இயக்க விதிப்படி, விசையும் எதிர்விசையும் சமமாதலான்,

$$\frac{mv_1 - mu_1}{t} = -\left(\frac{mv_2 - mu_2}{t}\right)$$

அல்லது, $mv_1 + mv_2 = mu_1 + mu_2$

அதாவது, மோதலின்பின் மொத்த வேகத்திணிவு = மோதலின்முன் மொத்த வேகத்திணிவு.

அதாவது, வேகத்திணிவு அழியவில்லை, இதுவே வேகத்திணிவு அழியாமை விதியன்றோ !

வேகத்திணிவு அழியாமைத் தத்துவத்தினை இன்னுமொரு எடுத்துக்காட்டின் வாயிலாக விளக்கலாம். ஒரு துப்பாக்கியில் குண்டு திணிக்கப்பட்டுள்ளது. குண்டும் துப்பாக்கியும் ஓய்ந்திருக்கின்றன. எனவே அவற்றின் மொத்த வேகத்திணிவு o. இப்போது சுட்டால், குண்டு முன்னோக்கி v எனும் திசை வேகத்துடன் பாய்கிறது. அதே நேரத்தில் துப்பாக்கி பின்னுக்கு உதையும். இவ்வாறு பின்னுக்கு உதையும் திசை வேகம் v எனவும், குண்டு, துப்பாக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மைகள் முறையே m, M எனவும் கொண்டால், சுட்ட பின் குண்டினது வேகத்திணிவு mv; துப்பாக்கியின் வேகத்திணிவு குண்டிற்கு எதிர்த்திசையில் MV, அதாவது, குண்டின் திசையில் $-MV$. எனவே, சுட்டபின் மொத்த வேகத்திணிவு $= mv - MV$. சுடுமுன் மொத்த வேகத்திணிவு o ஆனதால்

$$mv - MV = o$$

அல்லது $mv = MV$

இது சரியாக இருக்கக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 200 கிராம் எடையுள்ள ஒரு விசையானது 9.8 கிலோ கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின்மீது 5 வினாடி நேரம் தொழிற்படுகிறது. இந்த நேரத்தில் அப்பொருள் அடையும் திசை வேகம் யாது?

விசை, $F = 200$ கிராம் எடை

அல்லது, விசை $F = 200 \times 980$ டைன்கள்

பொருண்மை $m = 9.8$ கிலோகிராம் $= 9800$ கிராம்

$F = ma$ ஆனதால்

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200 \times 980}{9800} = 20 \text{ செ.மீ./வினாடி/வினாடி}$$

பொருளின் ஆரம்ப வேகம் $u = o$,

வேகவளர்ச்சி $a = 20$ செ.மீ./வினாடி/வினாடி

நேரம் $t = 5$ வினாடி

இறுதிவேகம். $v = ?$

$v = u + at$ என்னும் சமன்

பாட்டைப் பயன்படுத்த. $v = o + 20 \times 5$

அல்லது, $v = 100$ செ.மீ./விநாடி.

2. 1 டன் எடையுள்ள ஒரு ரயில்பெட்டி மணிக்கு 15 மைல் வேகத்தில் வந்துகொண்டிருக்கிறது. இதனை. $\frac{1}{2}$ பர்லாங்கு தூரத்திற்குள் தடுத்து நிறுத்தத் தேவையான விசையென்ன ?

பெட்டியின் பொருண்மை $m = 1$ டன் $= 2240$ பவுண்டுகள்

பெட்டியின் ஆரம்ப வேகம் $u = 15$ மைல்/மணி

அல்லது $u = 22$ அடி/விநாடி

இறுதி வேகம் $v = o$

தூரம் $s = \frac{1}{2}$ பர்லாங்கு

அல்லது, $s = 330$ அடி

$a = ?$

$v^2 = u^2 + 2as$ என்னும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$o = 22^2 + 2 \times a \times 330$

அல்லது, $660a = -22^2$

அல்லது. $a = -\frac{22 \times 22}{660} = \frac{-11}{15}$ அடி/விநாடி/விநாடி

எனவே, தேவையான எதிர்விசை $\Big\}$ $F = ma$

$= 2240 \times \left(-\frac{11}{15}\right)$ பவுண்டல்

$= 2240 \times \frac{11}{15} \times \frac{1}{32}$ பவுண்டு எடை

அல்லது, $F = -2240 \times \frac{11}{15} \times \frac{1}{32} \times \frac{1}{2240}$ டன் எடை

$= -\frac{11}{15 \times 32}$ டன் எடை

$= -0{\cdot}023$ டன் எடை

இங்கே எதிர்க்குறியானது இவ்விசை எதிர்த்திசையில் இருக்க வேண்டும் என்பதனைக் குறிக்கிறது.

(3) ஓய்வு நிலையிலுள்ள, 40 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது 10 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு விசை தொழிற்படுகின்றது. பொருள் 50 அடி சென்றவுடன் இவ் விசைக்குப் பதிலாக, ஆனால், எதிர்த்திசையில் 5 பவுண்டு எடையுள்ள வேறொரு விசைத் தொழிற்படுகிறது. பொருள் மீண்டும் ஓய்விற்கு வருமுன் அது சென்ற மொத்த தூரத்தைக் கணக்கிடு.

முதல்விசை தொழிற்படும்போது :

பொருண்மை, m = 40 பவுண்டு

விசை, F = 10 பவுண்டு எடை

= 10×32 பவுண்டல்

எனவே, வேகவளர்ச்சி $a = \dfrac{F}{m}$

$= \dfrac{10 \times 32}{40} = 8$ அடி/விநாடி/விநாடி

பொருளின் ஆரம்பவேகம் $u = 0$

செல்லும் தூரம் $s = 50$ அடி

இறுதி வேகம் $v = ?$

$v^2 = u^2 + 2as$ என்பதைப் பயன்படுத்த

$v^2 = 0 + 2 \times 8 \times 50$

அல்லது, $v = \sqrt{800}$ அடி/விநாடி.

இந்த நிலையில் இரண்டாவது விசைத் தொழிற்படுகிறது.

விசை, $F = 5$ பவுண்டு எடை $= 5 \times 32$ பவுண்டல்

பொருண்மை, $m = 40$ பவுண்டு

எனவே, $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{5 \times 32}{40} = 4$ அடி/விநாடி/விநாடி

இவ்விசை எதிர்த்திசையில் தொழிற்படுவதால் $a = -4$ அடி/விநாடி/விநாடி

ஆரம்ப வேகம், $u = \sqrt{800}$ அடி/விநாடி

இறுதி வேகம், $v = o$

தூரம், $s = ?$

$v^2 = u^2 + 2as$ என்பதைப் பயன்படுத்த,

$o = 800 + 2(-4)s$

அல்லது $8s = 800$

அல்லது, $s = 100$ அடி.

எனவே, மொத்த தூரம் $= 50 + 100 = 150$ அடி.

4. 1 அவுன்ஸ் பொருண்மையுள்ள ஒரு குண்டு, 10 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு துப்பாக்கியிலிருந்து, விநாடிக்கு 100 அடி எனும் வேகத்தில் சுடப்படுகிறது. துப்பாக்கி பின்னடைவதின் திசை வேகமென்ன ?

சுடுவதற்கு முன்னால் துப்பாக்கியும் குண்டும் ஓய்விலிருப்பதால் அவற்றின் மொத்த வேகத்திணிவு சுழியாகும். எனவே வேகத் திணிவு, அழியாமை விதிப்படி சுட்ட பின்னும் அவற்றின் மொத்த வேகத்திணிவு சுழியாக இருக்கவேண்டும்.

குண்டின் பொருண்மை $= 1$ அவுன்சு $= \frac{1}{16}$ பவுண்டு

குண்டின் திசை வேகம் $= 100$ அடி/விநாடி

எனவே, குண்டின் வேகத்திணிவு $= \frac{1}{16} \times 100$ அ.ப.வி.அலகுகள்

துப்பாக்கியின் பொருண்மை $= 10$ பவுண்டு

துப்பாக்கியின் திசைவேகம் $= -V$

எனவே, துப்பாக்கியின் வேகத்திணிவு $= -10V$ அ.ப.வி. அலகுகள்

எனவே, அவற்றின் மொத்த வேகத்திணிவு $= \frac{100}{16} - 10V$

ஆனால் இது சுழிக்குச் சமம். எனவே,

$$\frac{100}{16} - 10V = o$$

அல்லது, $10V = 100/16$

அல்லது, $V = \frac{100}{16 \times 10}$

$= \frac{10}{16}$ அடி/விநாடி.

5. விநாடிக்கு 6 அடி எனும் திசை வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் $2\frac{1}{2}$ டன் பொருண்மையுள்ள ஒரு சரக்கு வண்டி

ஓய்விலிருக்கும் $1\frac{1}{2}$ டன் எடையுள்ள பிறிதொரு சரக்கு வண்டியின்மீது மோதிவிட்டு விநாடிக்கு 3 அடி திசை வேகத்தில் அதே திசையில் செல்கிறது. இப்போது இரண்டாவது சரக்கு வண்டியின் திசை வேகமென்ன ?

மோதலுக்கு முன்னர் :

முதல் வண்டியின் வேகத்திணிவு $= 2\frac{1}{2} \times 6$ அலகுகள்

$= 15$ அலகுகள்

இரண்டாவது வண்டியின் வேகத்திணிவு $= 0$

எனவே, மொத்த வேகத்திணிவு $= 15$ அலகுகள்

மோதிய பின் :

முதல் வண்டியின் வேகத்திணிவு $= 2\frac{1}{2} \times 3$ அலகுகள்

$= 7\frac{1}{2}$ அலகுகள்

இரண்டாவது வண்டியின் வேகத்திணிவு $1\frac{1}{2} \times v$

எனவே, மொத்த வேகத்திணிவு $= 7\ 5 + 1{\cdot}5\ v.$

வேகத்திணிவு அழியாமைத் தத்துவப்படி

மோதலின் முன் மொத்த வேகத்திணிவு = மோதலின் பின் மொத்த வேகத்திணிவு

எனவே $15 = 7{\cdot}5 + {\cdot}15\ v$

அல்லது, $1{\cdot}5\ v = 15 - 7{\cdot}5 = 7{\cdot}5$

அல்லது, $v = \frac{7{\cdot}5}{1{\cdot}5} = 5$ அடி/விநாடி.

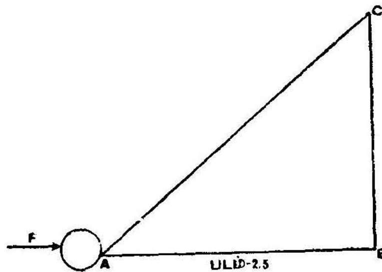
v நேர்க்குறியுடையதாக இருப்பதால் இரண்டாவது வண்டி முதல் வண்டியின் திசையிலேயே செல்லும்.

வேலை, திறன், ஆற்றல்

வேலை (Work)

ஒரு விசையானது ஒரு புள்ளியில் தொழிற்படும்போது அப்புள்ளி நகர்ந்தால் அவ்விசை வேலை செய்ததாகச் சொல்லப்படும். அப்போது அது செய்த வேலையானது விசையை அதன் திசையில் புள்ளி நகர்த்த தூரத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பிற்குச் சமம்.

விசையின் திசையிலேயே புள்ளி நகர்ந்தால் விசை வேலை செய்ததாகவும், விசைக்கு எதிர்த் திசையில் புள்ளி நகர்ந்தால் விசையின்மீது வேலை நடந்ததாகவும் கருதப்படும். விசை ஒரு திசையில் தொழிற்படும்போது புள்ளி வேறு திசையில் நகர்ந்



படம்-2.5

தாலும் விசையின் திசையில் அது அடையும் இடப்பெயர்ச்சி யைத்தான் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். காட்டாக, படம் 2·5–ல் F எனும் விசை AB திசையில் தொழிற்படுகிறது. ஆனல் பொருள் Cஐ அடையும்போது அது விசையின் திசை யில் சென்றதூரம் AB. எனவே, நடந்த வேலை $= F \times AB$.

வேலை ஒரு ஸ்கேலார் அளவாகும்.

வேலையின் அலகுகள்

செ.கி.வி. முறையில் வேலையின் தனி அலகு எர்கு (Erg) ஆகும்.

1 டைன் விசையானது ஒரு புள்ளியில் தொழிற்பட்டு அதனைத் தன் திசையிலேயே 1 செ.மீ. தூரம் நகர்த்தும்போது நடைபெறும் வேலை ஒரு எர்கு எனப்படும்.

அ. ப. வி. முறையில் வேலையின் தனி அலகு அடி - பவுண்டல் ஆகும்.

ஒரு பவுண்டல் விசையானது ஒரு புள்ளியில் தொழிற்பட்டு அதனைத் தன் திசையில் 1 அடி தூரம் நகர்த்தும்போது நடைபெறும் வேலை 1 அடி–பவுண்டல் எனப்பெறும்.

செ.கி.வி. முறையில் வேலையின் புவி ஈர்ப்பு அலகு ஒரு செண்டிமீட்டர் கிராம் ஆகும்.

ஒரு கிராம் பொருண்மையுள்ள பொருள் புவி ஈர்ப்பினுல் செ.மீ. தூரம் விழும்போது நடைபெறும் வேலை 1 சென்டிமீட்டர்–கிராம் ஆகும்.

ஒரு பொருள் புவிஈர்ப்பினுல் விழும்போது அதன்மீதுத் தொழிற்படும் விசை g டைன்கள் ஆனதால்,

$$1 \text{ சென்டிமீட்டர் கிராம்} = g \text{ டைன்கள்} \times 1 \text{ செ.மீ.}$$
$$= g \times 1 \text{ டைன்} \times \text{செ.மீ.}$$
$$= g \text{ எர்குகள்.}$$

அ. ப. வி. முறையில் வேலையின் புவிஈர்ப்பு அலகு அடி–பவுண்டு ஆகும்.

ஒரு பவுண்டு பொருண்மையுள்ள பொருள் புவிஈர்ப்பினுல் 1 அடி தூரம் விழும்போது நடைபெறும் வேலை *1* அடி-பவுண்டு.

முன்போலவே 1 அடி-பவுண்டு $= g$ அடி-பவுண்டல்கள் எனக் காண்பிக்கலாம்.

எர்கும், செ.மீ. கிராமும் சிறு அலகுகளானதால் செ. கி. வி. முறையில் ஜோல் (Joule) எனப்படும் ஒரு நடைமுறை அலகு பயன்படுத்தப் பெறுகிறது.

ஒரு ஜோல் என்பது 10^7 எர்குகள் ஆகும்.

திறன்

வேலை நடைபெறும் வீதம் திறன் எனப்படும்.

எனவே, t விஞடிகளில் W வேலை நடந்தால் திறன் $P = \frac{W}{t}$.

திறனின் அலகுகள்

ஒரு விஞடியில் நடைபெறும் வேலையே திறன் ஆனதால் இதனை எர்கு/விஞடி, அடி–பவுண்டல்/விஞடி, செ.மீ. கிராம்/விஞடி, அடி–பவுண்டு/விஞடி என்ற அலகுகளால் அளக்கலாம். நடைமுறையில் செ.கி.வி. முறையில் வாட் (watt) என்பதனையும் அ.ப.வி. முறையில் குதிரைத்திறன் (Horse Power) என்பதனையும் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஒரு வினாடியில் ஒரு ஜோல் வேலை நடைபெற்றால் திறன் 1 வாட் எனப்படும்.

ஒரு விநாடிக்கு 550 அடி-பவுண்டு எனும் வீதத்தில் வேலை நடைபெற்றால் திறன் ஒரு குதிரைத் திறன் எனப்படும்.

வாட் என்பதும் பல வேலைகளைப் பொருத்தமட்டில் சிறியதாகவே இருப்பதால் கிலோவாட் என்ற அலகு பயன்படுத்தப் பெறுகிறது. 1 கிலோவாட் என்பது 1000 வாட்டுகளாகும். இதன் அடிப்படையில் வேலைக்கும் ஒரு புதிய அலகு உள்ளது. அது வாட்-மணி (watt-hour) எனப்படும். விநாடிக்கு ஒரு ஜோல், அதாவது, ஒரு வாட் எனும் திறனில் ஒருமணி நேரம் தொடர்ந்து நடைபெறும் வேலையே *1* வாட் மணியாகும்.

எனவே,

$$1 \text{ வாட்-மணி} = 1 \times 60 \times 60 \text{ ஜோல்கள்}$$
$$= 3600 \text{ ஜோல்கள்.}$$

1000 வாட்-மணிகள் ஒரு கிலோ-வாட் மணி எனப்படும். இதுவே மின்துறையில் மின் ஆற்றலை அளக்கப் பயன்படுகிற அலகாகும். இதனை மின்துறையில் சுருக்கமாக ஒரு அலகு என்பார்கள்.

ஆற்றல் (Energy)

ஒரு பொருள் எவ்வளவு வேலை செய்யும் வல்லமையைப் பெற்றுள்ளதோ அதுவே அதன் ஆற்றலாகும்.

நீர்வீழ்ச்சியில் உயர்ந்த நிலையிலிருந்து தண்ணீர் கீழேவிழுகின்றது. அதனடியில் ஒரு சுழலியை (turbine) வைத்தால் அது சுற்றுகின்றது. எனவே மேலிருந்த நீர் இச்சுழலியைச் சுழற்றும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. இயக்கத்திலிருக்கும் ஒரு உந்து வண்டி எதிரிலுள்ள பொருளின்மீது பட்டால் அதனைத் தூக்கி எறிகிறது. எனவே அது வேலைசெய்யும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. இவ்வாறாக ஒரு பொருள் தன் சூழலைவிட உயர்ந்த ஒரு நிலைக்கு உயர்த்தப்பட்டாலோ அல்லது இயக்கத்திலிருக்குமாறு செய்யப்பட்டாலோ அது ஆற்றலைப் பெற்றுவிடுகிறது. அதனை இந்த நிலைக்குக் கொண்டுவர நாம் அதன்மீது எவ்வளவு வேலை செய்யவேண்டுமோ அதனை அது திருப்பித் தந்துவிட்டு தன் பழைய நிலைக்கு வந்துவிடும். எனவே, ஒரு பொருளின் ஆற்றலை அதனை அந்நிலைக்கு உயர்த்துவதற்குச் செய்த வேலை

யாலோ அல்லது அது தன் பழைய நிலைக்கு மீண்டு வருவதற்குள் செய்யும் வேலையாலோ அளக்கலாம். எனவே, ஆற்றல் என்பது அப்பொருள் செய்யக்கூடிய வேலையே. ஆதலான் ஆற்றலை வேலையின் அலகுகளாலேயே அளக்கலாம்; தனி அலகுகள் தேவையில்லை.

ஆற்றலில் பலவகைகள் உண்டு. வெப்பம் ஒரு ஆற்றல், ஒளி ஒரு ஆற்றல், மின்சாரம் ஒரு ஆற்றல், பொறியாற்றல் என விரித்துக் கொண்டே செல்லலாம். நாம் பொறியாற்றலை மட்டிலும் இங்கு பார்ப்போம். பொறியாற்றல் (Mechanical energy) நிலை ஆற்றல் (Potential energy), இயக்க ஆற்றல் (Kinetic energy) என இருவகைப்படும்.

ஒரு பொருளானது தன் சூழலோடு ஒப்பிநிம்போதுள்ள நிலையின் காரணத்தாலோ அல்லது தன் பௌதிக நிலையின் காரணத்தாலோ பெற்றுள்ள ஆற்றல் அதன் நிலை ஆற்றலாகும். அப்பொருளை இந்த உயர்நிலைக்குக் கொணர்வதற்கு செய்யவேண்டிய வேலையே இதன் அளவாகும். (எ–டு) உயரத்திலிருக்கும் எந்த ஒரு பொருளும், சாவி கொடுக்கப்பட்ட கடிகார வில்லும்.

ஒரு பொருளானது தன் இயக்கத்தின் காரணத்தால் பெற்றுள்ள ஆற்றல் அதன் இயக்க ஆற்றலாகும். அப்பொருளிற்கு இந்த இயக்கத்தை அளிப்பதற்குத் தேவையான வேலையே இதன் அளவாகும். (எ–டு) இயக்கத்திலிருக்கும் எந்த ஒரு பொருளும்.

நிலை ஆற்றலுக்கு ஒரு சமன்பாடு

தரையில் கிடக்கின்ற m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். இதனை h உயரம் உயர்த்துவோம். அவ்வாறு உயர்த்துவதற்கு புவியின் ஈர்ப்பினை எதிர்த்து வேலை செய்யவேண்டும். இங்கே இந்த விசை mg என்பது தெளிவு. எனவே,

$$
\begin{aligned}
\text{செய்யவேண்டிய வேலை} &= \text{விசை} \times \text{தூரம்} \\
&= mg \times h \\
&= mgh.
\end{aligned}
$$

இந்த வேலையானது பொருளினுள் நிலை ஆற்றலாகப் பொதிந்துள்ளது. எனவே h உயரத்திலுள்ள, m பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின் நிலை ஆற்றல் $= mgh$.

அது மீண்டும் தரைக்கு வந்தால், அவ்வாறு வரும்போது இதே அளவு வேலையைச் செய்யும்.

இயக்க ஆற்றலுக்கு ஒரு சமன்பாடு

ஓய்வு நிலையிலிருக்கும் m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். இதன்மீது F எனும் ஒரு விசை t விநாடிகள் தொழிற்படட்டும். இதன் காரணமாக அதில் ஏற்படும் வேக வளர்ச்சி a எனவும், அதன் இறுதிவேகம் v எனவும், இந்த நேரத்தில் விசையின் திசையில் அது நகர்ந்த தூரம் s எனவும் கொள்வோம். இப்போது,

நடந்த வேலை = விசை $\times$ தூரம்

அல்லது, $W = F \times s$.

ஆனால், $F = ma$ என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$$W = ma \times s. \rightarrow 1.$$

பொருளின் இயக்கத்திற்கு $v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$v^2 = 0 + 2as$$ (பொருள் ஓய்வு நிலையிலிருந்து புறப்படுவதால் $u=0$)

அல்லது $v^2 = 2as$

அல்லது $as = \frac{v^2}{2}$

இதனை (1) வது சமன்பாட்டில் பதிலிட

$$W = \frac{mv^2}{2}$$

அல்லது, $W = \frac{1}{2} mv^2$

இந்த அளவு வேலையானது பொருளில் இயக்க ஆற்றலாகப் பொதிந்துள்ளது. எனவே, v நேர்வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$. அது மீண்டும் ஓய்விற்கு வருவதற்குள் இதே அளவு வேலையைச் செய்யும்.

ஆற்றல் அழியாமை விதி (Law of conservation of energy)

உயரமான ஒரு நீர்வீழ்ச்சியின் தலைப்பகுதியில் நீர் மிக உயர்ந்த நிலை ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. நீர், வீழ்ச்சியில் கீழே விழும்போது இப்பொறியாற்றல் குறைந்து மறைந்துவிடுகிறது. ஆனால் நீர் இயக்க ஆற்றலைப் பெறுகிறது. இப்போது நீர்வீழ்ச்சியின் கீழ்ப்பகுதியில் ஒரு நீர்மின் நிலையம் இருந்தால் அதன் மின்னாக்கியின் (generator) சுழலியை (turbine) இந்த நீர் சுழலச் செய்யும். இதனால் மின் ஆற்றல் தோன்றுகிறது. இம்மின்னாற்றலை ஒரு மின்விளக்கில் செலுத்தும்போது அது ஒளி ஆற்றலாக மாறுகின்றது; ஒரு மின் அடுப்பின் ஊடு செலுத்த வெப்ப ஆற்றலாக மாறுகின்றது. இவ்வாறே, அனல் மின் நிலயத்தில் நிலக்கரியினை எரிப்பதால் உண்டாகும் வெப்பத்தினால் நீராவியை உண்டாக்கி, அதைக்கொண்டு சுழலியைச் சுற்றச்செய்து மின்சாரம் உண்டாக்கப்படுகிறது. மேற்கூறியவற்றிலிருந்து ஒரு ஆற்றலை மற்றொருவகை ஆற்றலாக மாற்றலாம் என்பதுத் தெரிகிறது. இவ்வாறு ஆற்றலை மாற்றும் எந்த நிலையிலும் ஆற்றலின் மொத்த அளவு ஒன்றாகவே இருக்கக் காணலாம். எனவே, ஒருவகை ஆற்றல் அழியும்போது அது அதே அளவுள்ள வேறொருவகை ஆற்றலாக மீண்டும் தோன்றுகிறது; ஆற்றலை அழிக்க முடிவதில்லை; அதேபோல் ஆற்றலை வெறுமையிலிருந்து தோற்றுவிக்க முடியாது. இந்த உண்மைகளே ஆற்றல் அழியாமை விதி எனப்படும். அதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

ஆற்றலைப் புதியதாகத் தோற்றுவிக்கவோ அல்லது அழிக்கவோ முடியாது; ஆனால் ஒருவகை ஆற்றலை மற்றொருவகை ஆற்றலாக மாற்றலாம்.

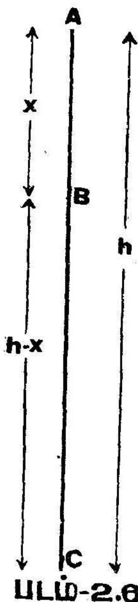
இவ்விதிக்கொரு விலக்கு உண்டு. ஐன்ஸ்டீன், பொருண்மை அழிந்தால் அது ஆற்றலாகத் தோன்றுமெனக் காட்டியுள்ளார். அவ்வாறே, ஆற்றல் மறைந்தால் அது பொருண்மையாக விளங்கும்.

ஆற்றல் அழியாமை விதியினை மேலிருந்து விழும் ஒரு பொருளினை எடுத்துக்கொண்டு மெய்ப்பிக்கலாம்.

ஆற்றல் அழியாமை விதியை மெய்ப்பித்தல்—கீழேவிழும் ஒரு பொருள்.

தரையிலிருந்து h உயரத்தில் (A) உள்ள, m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். இங்கே,

பொருள் உயர்வான நிலையில் இருப்பதால் நிலை ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. அது mgh ஆகும். ஆனால் ஓய்வி லிருப்பதால் இயக்க ஆற்றலில்லை. எனவே, Aயில் பொருளின் மொத்த ஆற்றல் $= mgh$.



படம்-2.6

இப்போது பொருள் அங்கிருந்து தானகக் கீழே விழட்டும். அது தரையை (c) அடையும்போது v திசைவேகத்தைப் பெற்றிருக்கட்டும். அது தரைக்கு வந்து விட்டதால் அதன் நிலை ஆற்றல் $= o$. ஆனால் அது 'v' திசை வேகத்தைப் பெற்றிருப்பதால், அதன் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$.

ஆனல் A லிருந்து C க்கு வரும் அதன் இயக்கத்திற்கு $u = o$, $a = g$, $s = h$ ஆனதால்,

$v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$v^2 = o + 2gh$$

அல்லது, $v^2 = 2gh$.

எனவே, C ல் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} m \times 2gh$

$= mgh$.

எனவே, C ல் அதன் மொத்த ஆற்றல் $= mgh$.

இப்போது, அப்பொருள் A லிருந்து C க்கு வரும் பாதையின் நடுவே ஒரு நிலையில், அதாவது, A லிருந்து x தூரம் கீழே வந்துள்ள நிலையில் (B) அதன் ஆற்றலைப் பார்ப்போம். இங்கே அது தரையிலிருந்து $(h-x)$ உயரத்திலிருப்பதால் அதன் நிலையாற்றல் $= mg(h-x)$. B ல் அது v_1 வேகத்தைப் பெற்றிருந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv_1^2$.

முன்போல், A லிருந்து B க்கு வரும் அதன் இயக்கத்தை எடுத்துக்கொண்டால், $u = o$, $a = g$, $s = x$, $v = v_1$. எனவே, $v^2 = u^2 + 2as$ சமன்பாட்டை எடுத்துக்கொள்ள,

$$v_1^2 = o + 2gx$$

அல்லது, $v_1^2 = 2gx$.

எனவே, அதன் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} m \times 2gx$

$= mgx.$

எனவே, Bல் அதன் மொத்த ஆற்றல் = நிலை ஆற்றல் + இயக்க ஆற்றல்

$= mg(h-x) + mgx$

$= mgh.$

எனவே, அப்பொருளின் மொத்த ஆற்றலானது எல்லா விடத்தும் ஒன்றாகவே இருக்கிறது. இதுவே ஆற்றல் அழியாமை விதி.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 9 அடி உயரமும் 20 அடி நீளமும் 10 அடி அகலமும் உள்ள ஒருநீர்த்தொட்டி 60 அடி உயரமுள்ள ஒருகட்டிடத்தின் உச்சியில் உள்ளது. இத்தொட்டியை எப்போதும் தரைக்குக் கீழே 24 அடி மட்டத்திலேயே நீர் இருக்கும் கிணற்றிலிருந்து நீரால் மூன்று மணி நேரத்தில் நிரப்புவதற்குத் தேவையான பம்பின் குதிரைத் திறன் யாது?

தொட்டியின் கன அளவு $= 9 \times 20 \times 10$ கன அடி. 1 கன அடி தண்ணீரின் பொருண்மை $62\frac{1}{2}$ பவுண்டு ஆனதால்,

மேலேற்றவேண்டிய நீரின் பொருண்மை $= 9 \times 20 \times 10 \times 62{\cdot}5$ பவுண்டு.

நீரை மேற்செலுத்தவேண்டிய சராசரி உயரம் $= 24 + 60 + \frac{9}{2}$ அடி

$= 88{\cdot}5$ அடி.

இதற்குச் செய்யவேண்டிய வேலை $= mgh$ அடி பவுண்டல்

$= 9 \times 20 \times 10 \times 62{\cdot}5 \times 88{\cdot}5 \times g$ அடி பவுண்டல்

$= 9 \times 20 \times 10 \times 62{\cdot}5 \times 88.5$ அடி பவுண்டு

ஆகும் நேரம் $= 3 \times 60 \times 60$ விநாடி.

ஒரு விஞடியில் செய்யவேண்டிய வேலை $\left.\right\} = \dfrac{9 \times 20 \times 10 \times 62{\cdot}5 \times 88{\cdot}5}{3 \times 60 \times 60}$

அடி-பவுண்டு/விஞடி

எனவே, பம்பின் குதிரைத்திறன் $= \dfrac{9 \times 20 \times 10 \times 62{\cdot}5 \times 88{\cdot}5}{3 \times 60 \times 60 \times 550}$ கு. தி.

$= \underline{\underline{1{\cdot}675}}$ கு. தி.

(2) 2 குதிரைத் திறனுடைய ஒரு எந்திரம் நீரை 30 அடி உயரம் உயர்த்துகிறது. அந்த எந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் (efficiency) 60% ஆனுல் அது ஒரு மணி நேரத்தில் இறைக்கும் நீரின் அளவை காலன்களில் கணக்கிடு. (ஒரு காலன் நீரின் எடை 10 பவுண்டு).

எந்திரம் ஒருமணி நேரத்தில் 'v' காலன்கள் நீர் இறைப்ப தாகக் கொள்வோம்.

இந்த நீரின் பொருண்மை $= 10\,v$ பவுண்டு

நீர் ஏறும் உயரம் $= 30$ அடி

எனவே, இதற்குச் செய்யவேண்டிய வேலை $\left.\right\} = mgh$ அடி-பவுண்டல்

$= mh$ அடி-பவுண்டு

$= 10v \times 30$ அடி-பவுண்டு

இந்த வேலை 1 மணி நேரத்தில் நடைபெறுவதால் ஒரு விஞடியில் நடைபெறும் வேலை $= \dfrac{10v \times 30}{60 \times 60}$ அடி-பவுண்டு.

ஆனுல், இதற்கெனப் பயன்படுத்தும் எந்திரத்தின் குதிரைத் திறன் 2. எனவே,

அது ஒருவிஞடியில் செய்யும்வேலை $= 2 \times 550$ அடி-பவுண்டு எந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 60% ஆனதால்,

நமக்குக் கிடைக்கும் வேலை $= 2 \times 550 \times \dfrac{60}{100}$ அடி-பவுண்டு (ஒரு விஞடியில்)

$= 2 \times 55 \times 6$ அடி பவுண்டு.

எனவே, $\frac{10v \times 30}{60 \times 60} = 2 \times 55 \times 6$

அல்லது, $v = \frac{2 \times 55 \times 6 \times 60 \times 60}{10 \times 30}$

$= \underline{\underline{7920}}$ காலன்கள்

(3) ஒரு சாலை உருளையானது (road roller) சமதளமான ஒரு சாலையின்மீது 80 பவுண்டு எடை விசையுடன் மணிக்கு 3 மைல் வேகத்தில் இழுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இதற்குப் பயன்படும் குதிரைத்திறன் என்ன ?

உருளை ஒரே சீரான திசை வேகத்தில் செல்கின்றது.

எனவே, ஒரு வினாடியில் செல்லும் தூரம் $= 3 \times \frac{22}{15}$ அடி

$= \frac{22}{5}$ அடி.

எனவே, ஒரு வினாடியில் நடைபெறும் வேலை $\Big\} = F \times s$

$= 80 \times \frac{22}{5}$ அடி-பவுண்டு

எனவே குதிரைத்திறன் $= 80 \times \frac{22}{5} \times \frac{1}{550}$ கு.தி.

$= \underline{0{\cdot}64}$ கு.தி.

(4) சமதளமான இருப்புப் பாதையில் 200 டன் எடையுள்ள ஒரு புகைவண்டித் தொடரை (இஞ்சின் எடையும் சேர்த்து) ஒரு எந்திரம் மணிக்கு 45 மைல் வேகத்தில் இழுத்துச் செல்கிறது. இருப்புப் பாதைக்கும் சக்கரங்களுக்குமிடையே உள்ள உராய்வு விசையானது 1 டன் எடைக்கு 5 பவுண்டு எடையானால் எந்திரத்தின் குதிரைத்திறன் யாது ?

வண்டித் தொடரின் பொருண்மை = 200 டன்

உராய்வு விசை = 1 டன்னுக்கு 5 பவுண்டு எடை

எனவே, மொத்த உராய்வு விசை $= 200 \times 5$ பவுண்டு எடை

= 1000 பவுண்டு எடை

வண்டியின் திசைவேகம் = 45 மைல்/மணி

$= 45 \times \frac{22}{15} = 66$ அடி/விநாடி.

இந்த மாருத திசை வேகத்தோடு செல்வதால் எந்திரம் உராய்வு விசையை மட்டிலும்தான் எதிர்த்து வேலை செய்ய வேண்டும். எனவே,

ஒரு விநாடியில் செய்யும் வேலை = உராய்வு விசை $\times$ 1 விநாடியில் செல்லும் தூரம்

$= 1000 \times 66$ அடி பவுண்டு.

எனவே, குதிரைத்திறன் $= \frac{1000 \times 66}{550}$ கு.தி.

$= \underline{\underline{120}}$ கு.தி.

(5) ஒரு எந்திரத் துப்பாக்கி ஒரு நிமிடத்திற்கு 360 குண்டுகளைச் சுடுகிறது. குண்டின் பொருண்மை 10 கிராமாகவும் அது சுடப்படும் திசைவேகம் விநாடிக்கு 400 மீட்டர்களாகவும் இருந்தால் அந்தத் துப்பாக்கியின் திறன் யாது?

ஒரு குண்டின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$

$= \times 10 \times 40{,}000^2$ எர்குகள்

எனவே, 360 குண்டுகளின் இயக்க ஆற்றல் $= 360 \times \frac{1}{2} \times 10 \times 40{,}000^2$ எர்குகள்

எனவே, ஒரு விநாடியில் உருவாகும் ஆற்றல் $= \frac{360}{60} \times \frac{1}{2} \times 10 \times 40{,}000^2$ எர்குகள்

$= 3 \times 10 \times (4 \times 10^4)^2$ எர்குகள்

$= 3 \times 10 \times 16 \times 10^8$ எர்குகள்

$= 48 \times 10^9$ எர்குகள்

$= \frac{48 \times 10^9}{10^7}$ ஜோல்கள்

$= 4800$ ஜோல்கள்

எனவே, துப்பாக்கியின் திறன் = 4800 ஜோல்/விநாடி

= 4800 வாட்

= 4·8 கிலோவாட்.

(6) 4 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு கல் 121 அடி உயரத்திலிருந்து விழுந்து மணலில் 1 அடி ஆழம் சென்று புதைந்து விடுகிறது. அக்கல் மணலைத்தொடும்போது அதன் இயக்க ஆற்றல் என்ன? மணல் அதை எதிர்க்கும் தடை என்ன?

கல் தரையைத் தொடும்வரையுள்ள இயக்கத்திற்கு

$u = o$, $a = 32$ அடி/விநாடி/விநாடி, $s = 121$, $v^2 = ?$

$v^2 = v^2 + 2as$ சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$v^2 = o + \times 32 \times 121$

அல்லது, $v^2 = 64 \times 121$.

எனவே, கல் தரையைத் தொடும்போது அதன்

இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^3$

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 64 \times 121$ அடி—பவுண்டல்

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 64 \times 121 \times \frac{1}{42}$ அடி — பவுண்டு

= 484 அடி—பவுண்டு.

கல் 1 அடி ஆழம் மணலில் புதையும்போது இந்த ஆற்றலை இழந்து விடுகிறது.

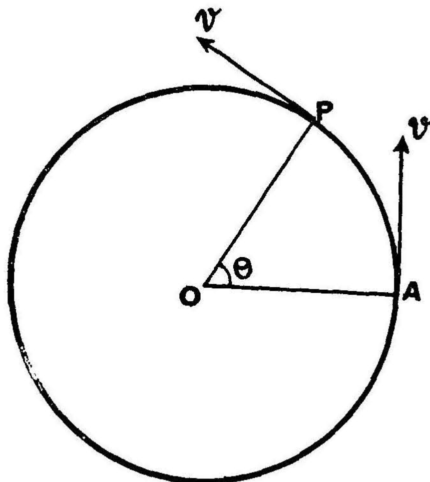
மணலின் எதிர் விசை F பவுண்டு எடை ஆனால் இது செங்குத்தாக மேனோக்கியும், கல்லின் எடை $= mg = 4 \times 32$ பவுண்டல், அல்லது, 4 பவுண்டு எடை செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கியும் தொழிற்படும். எனவே, கல் புதையும்போது அதன்மீது தொழிற்படும் தொகுபயனான விசை $= (F-4)$ பவுண்டு எடை. எனவே இதை எதிர்த்து செய்யும் வேலை = விசை × தூரம்

$=(F-4) \times 1$ அடி—பவுண்டு

இந்த வேலையானது கல் புதைவதால் இழக்கும் இயக்க ஆற்றல். எனவே,

$$F-4 = 484$$

அல்லது $F = 488$ பவுண்டு எடை.



படம்-2.7

வட்ட இயக்கம் (Circular motion)

ஒரு துகளானது ஒரு வட்டமான பாதையில் சென்று கொண்டிருக்குமானால், அது வட்ட இயக்கத்திலிருப்பதாகச் சொல்லப்படும். அவ்வட்டப்பாதையின் மையத்தோடு துகளை இணைக்கும் கோட்டினை (*PO*) (படம் 2·7) ஆரவெக்டர் (Radies vector) எனக் கூறுவது வழக்கம். துகள் *P* ஆனது வட்டப் பாதையில் ஒரே சீரான வேகத்தில் செல்லுமானால், இந்த ஆரவெக்டரானது சம காலங்களில் சம அளவுள்ள கோணங்களைக் கவரும். அப்போது இது ஒரு சீரான வட்ட இயக்கமாகக் கருதப்படும். ஆரவெக்டர் ஒரு விநாடி நேரத்தில் கவரும் கோணத்தின் அளவு வட்ட இயக்கத்திலுள்ள துகளின் கோண வேகம் எனப்படும். இதனை w எனும் எழுத்தால் குறிப்பது வழக்கம்.

கோண வேகத்திற்கு ஒரு சமன்பாடு

ஒரு துகளானது r ஆரமுடைய ஒரு வட்டப்பாதையில் (படம் 2·8) v எனும் வேகத்தோடு செல்வதாகக் கொள்வோம்.

t வினாடிகளில் துகள் A விருந்து P ஐ அடையட்டும். இந்த நேரத்தில் ஆரவெக்டர் கவரும் கோணம் θ ரேடியன்களாக இருக்கட்டும். இப்போது,

துகளின் வேகம் $v = \frac{AP}{t}$,

கோண வேகம் $w = \frac{\theta}{t}$;

ஆனல், $\theta = \frac{AP}{r}$ என்பது நமக்குத்தெரியும்.

எனவே $w = \frac{AP}{rt}$

எனவே, $\frac{v}{w} = \frac{AP}{t} \times \frac{rt}{AP} = r$

அல்லது, $v = wr.$

அல்லது $w = \frac{v}{r}$

மையம்நாடும் விசையும் மையம்விட்டோடும் விசையும்

வட்ட இயக்கத்திலுள்ள ஒரு துகளின் திசை எந்த ஒரு கணத்திலும் அது இருக்கும் இடத்தில் வட்டத்திற்கு வரையப் படும் தொடுகோட்டின் (tangent) திசையேயாகும். எனவே துகள் சீரான வேகத்தில் வட்டப்பாதையில் சென்றாலும் அதன் திசை கணத்திற்குக் கணம் மாறுவதால் அதன் திசை வேகம் மாறுகிறது; அதனுல் அது ஒரு வேக வளர்ச்சியைப் பெற்றிருக் கின்றது. இந்த வேக வளர்ச்சியானது வட்டப்பாதையின் மையத்தை நோக்கித்தான் இருக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் துகள் தன் வட்டப்பாதையிலே செல்லாது. எனவே இந்த வேக வளர்ச்சி துகளின் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் உள்ளது. ஆகையால் இதனை நேர்குத்து வேக வளர்ச்சி (normal acceleration) எனச் சொல்வது வழக்கம். இதன் மதிப்பு $\frac{v^2}{r}$ அல்லது rw^2 எனக்காண்பிக்கலாம். நியூட்டனின் முதல் விதிப்படி இந்த வேக வளர்ச்சியினை ஒரு விசைதான் கொடுக்க முடியும் என்பதும், இரண்டாவது விதிப்படி இவ்விசையானது பொருளின் பொருண்மை $\times$ வேக வளர்ச்சிக்குச் சமம் என்பதும் தெரியும். எனவே ஒரு துகள் வட்ட இயக்கத்திலிருந்தால் அதன்மீது வட்டப்பாதையின் மையத்தை நோக்கி ஒரு விசை யுள்ளது எனத்தெரிகிறது. இவ்விசை மையம்நாடும் விசை

(Centripetal force) எனப்படும். துகளின் பொருண்மை m ஆனல்
மையம்நாடும் விசை $= \frac{mv^2}{r}$ அல்லது mrw^2

எந்த ஒருவிசைக்கும் சமமான ஒரு எதிர் விசை உண்டென நியூட்டனின் மூன்ருவது விதியில் பார்த்தோம். எனவே மையம் நாடும் விசைக்கு எதிராக அதற்குச் சமமான ஒரு விசை உண்டு. இந்த விசை, துகளை அதன் வட்டப்பாதையில் செல்வதிலிருந்து பிய்த்துக் கொண்டு செல்லத் தூண்டும். எனவே இவ்விசை மையம்விட்டோடும் விசை (Centrifugal force) எனப்படும். இதன் மதிப்பு $\frac{mv^2}{r}$ அல்லது mrw^2 தான்.

ஒரு உந்துவண்டியில் செல்லும்போது வண்டியை ஒரு திருப்பத்தில் ஓடித்துத் திருப்பும்போது நாம் அதற்கு எதிர்ப் புறத்தில் சாய்வதை உணர்ந்திருப்போம். இதற்குக் காரணம் இந்த மையம் விட்டோடும் விசைதான். கீழேவிழுந்து விடாமல் இருக்க என்ன செய்கிருேம்? காலை கீழே உதைத்து அதற்கு எதிர்ப்புறத்தில் ஒரு விசையைக் கொடுக்கிருேம். அது மையம் நாடும் விசை.

ஒரு கல்லை நூலில் கட்டி சுழற்றும்போது திடீரென நூல் அறுந்துவிட்டால் என்ன நேரிடுகிறது? கல் பிய்த்துக்கொண்டு வட்டப்பாதையின் தொடுகோட்டின் திசையில் நேராகச் செல்கிறது. ஏன்? மையம் விட்டோடும் விசையை எதிர்க்கும் மையம்நாடும் விசை நூலில் உள்ள இழு விசை தான் (Tension). நூல் அறுந்துவிட மையம்நாடும் விசை மறைகிறது.

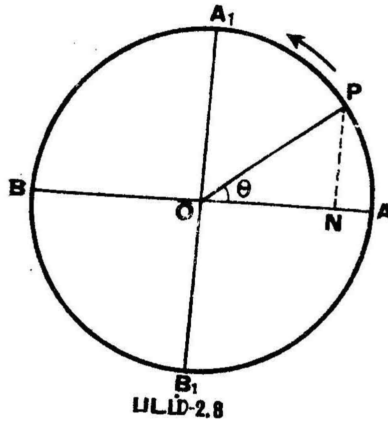
கோள்கள் கதிரவனைச் சுற்றிவரத் தேவையான மையம் நாடும் விசை, கோளுக்கும் கதிரவனுக்கும் இடையேயுள்ள ஈர்ப்பு விசைதான்.

எளிய இசை இயக்கம் (Simple harmonic motion)

ஒரு ஊசலின் குண்டை சற்று இழுத்து விடுவோம். என்ன நேருகிறது? ஊசல் B விருந்து (படம் 2·4) A ஐ நோக்கிச் செல்கிறது. அப்போது அதன் திசை வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கிறது. எனவே, குண்டு ஒரு வேக வளர்ச்சி யைப் பெற்றிருக்கிறது. இந்த வேக வளர்ச்சி ஊசலின் அமைதி நிலையே (A) நோக்கி உள்ளது. A ஐ அடைந்த பின் மேற் கொண்டு C ஐ நோக்கிச் செல்கிறது. அப்போது அதன் வேகம்

குறைந்து கொண்டே செல்கிறது. எனவே அதன் வேக வளர்ச்சி A ஐ நோக்கி உள்ளது. C ஐ அடைந்தபின் மீண்டும் A ஐ நோக்கிய ஒரு வேக வளர்ச்சியுடன் வருகிறது. இவ்வாறாக ஊசல் மீண்டும் மீண்டும் ஒரே கால இடைவெளிகளில் ஒரே மாதிரியான இயக்கத்தைச் செய்கிறது. இந்த இயக்கத்தின் போது எப்போதும் அதன் வேக வளர்ச்சி ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியை (அமைதிநிலை A) நோக்கியுள்ளது. இந்த வேக வளர்ச்சியானது குண்டு அமைதி நிலையிலிருந்து உள்ள தூரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இத்தகைய ஒரு காலாந்தர இயக்கம் எளிய இசை இயக்கம் எனப்படும். இதனைக் கீழ்க்கண்ட வாறு தொகுத்து வரையறை செய்யலாம்.

ஒரு பொருள் அல்லது துகளானது அதனுடைய வேக வளர்ச்சி எப்போதும் ஒரு நிலையான புள்ளியை நோக்கியவாறும், அப்புள்ளியிலிருந்து துகள் உள்ள தூரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளவாறும் இயங்கிக்கொண்டிருக்குமானால் அது ஒரு எளிய இசை இயக்கத்திலிருப்பதாகக் கூறப்படும்.



படம்-2.8

இதனை வேறொரு வகையாகவும் சொல்லலாம். ஒரு சீரான வட்ட இயத்திலிருக்கும் ஒரு துகளை (P) எடுத்துக்கொள்வோம், (படம் 2·8). P லிருந்து AOB எனும் விட்டத்திற்கு ஒரு நேர் குத்துக் கோட்டினைப்போடு. இக்கோட்டின். அடியில் வேறொரு துகள் N இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது P யானது A லிருக்கும்போது N உ-ம் A லிருக்கிறது. P இடஞ்சுழியாக நகர்ந்து A_1ஐ அடைய N ஆனது AOB எனும் கோட்டில் நகர்ந்து O ஐ அடையும். P ஆனது B ஐ அடையும்போது N உ-ம்

B ஐ அடையும். P ஆனது B_1-க்கு வருகையில் N திரும்ப O ஐ அடையும். P புறப்பட்ட இடத்திற்குவர N உ-ம் வரும். இவ்வாறாக P ஒரு முழுச்சுற்று வரும்போது N ஆனது முன்னும் பின்னுமான ஒரு முழு அலைவைச் செய்கிறது. Nன் இயக்கம் ஒரு எளிய இசை இயக்கமே. எனவே எளிய இசை இயக்கம் என்பதனை ஒரு சீரான வட்ட இயக்கத்தினை அதன் ஒரு விட்டத்தின் மீது வீழ்த்தக்கிடைப்பது எனவும் வரையறை செய்யலாம்.

இந்த எளிய இசை இயக்கத்தில் ஒரு முழு அலைவிற்காகும் நேரம் அதன் அலைவுநேரம் (Period) எனப்படும்; துகள் அமைதி நிலையிலிருந்து இருபுறங்களிலும் அடையும் மிக அதிகமான இடப்பெயர்ச்சி அதன் வீச்சு எனப்படும்.

பௌதிகத்தில் நாம் பார்க்கும் பல இயக்கங்கள் பெரும்பாலும் எளிய இசை இயக்கங்களே.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒருமிதி வண்டி மணிக்கு 18 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் செல்கிறது. அதன் சக்கரத்தின் ஆரம் 35 செ. மீ. ஆனால் சக்கரத்தின் கோணவேகம் யாது?

மிதி வண்டியின் வேகம் $v = 18$ கி. மீ./மணி

அல்லது, $v = 1800000$ செ. மீ./விநாடி.

அல்லது, $v = \frac{1800000}{60\times60}$ செ. மீ./விநாடி,

$= 500$ செ. மீ./விநாடி.

சக்கரத்தின் ஆரம் $r = 35$ செ. மீ.

எனவே, கோணவேகம் $w = \frac{v}{r}$

$= \frac{500}{35} = \frac{100}{7}$ ரேடியன்கள்

2. 100 கிராம் பொருண்மையுள்ள ஒரு கல் 50 செ. மீ. நீளமுடைய ஒரு கம்பியின் நுனியில் கட்டப்பட்டு விநாடிக்கு 1 மீட்டர் வேகத்தில் ஒரு வட்டத்தில் சுழற்றப்படுகிறது. கம்பியிலுள்ள விசை என்ன?

$m = 100$ கிராம்.

$v = 100$ செ. மீ./விநாடி.

$r = 50$ செ. மீ.

கம்பியிலுள்ள இழுவிசை $= \frac{mv^2}{r}$

$= \frac{100 \times 100^2}{50}$

$= 20000$ டைன்.

வினாக்கள்

1. இடப்பெயர்ச்சி, திசை வேகம், வேக வளர்ச்சி ஆகியவற்றை வரையறு.

வழக்கமான குறியீடுகளைப் பயன்படுத்தி $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ எனும் சமன்பாட்டை வருவி.

ஒரு பொருள் ஓய்விலிருந்து புறப்பட்டு, 5 செ.மீ./விநாடி/விநாடி எனும் வேக வளர்ச்சியில் செல்கிறது. (அ) 4 விநாடிகள் கழித்து அதன் திசை வேகமென்ன? (ஆ) 3 விநாடிகளில் அது செல்லும் தூரம் என்ன? (இ) அது 10 செ மீ. சென்றுள்ள போது அதன் திசை வேகம் என்ன?

2. சீரான திசைவேகம், சீரான வேகவளர்ச்சி ஆகியவற்றை வரையறு.

அடிப்படைத் தத்துவங்களிலிருந்து $v^2 = u^2 + 2as$ எனும் சமன்பாட்டை வருவி.

ஓய்விலிருந்து ஒரு மோட்டார் சைக்கிள் புறப்பட்டு 11 விநாடிகளில் மணிக்கு 45 மைல் வேகத்தை அடைகிறது. இந்த நேரத்தில் அது சென்றதூரம் என்ன?

3. வேகம், திசைவேகம் ஆகியவற்றை வேறுபடுத்திக் காட்டு.

மணிக்கு 60 மைல் வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு புகைவண்டிக்கு தடை போட்டவுடன் 88 விநாடிகளில்

அது அமைதி நிலைக்கு வருகிறது. அது அமைதிக்கு வருவதற்குள் எவ்வளவு தூரம் சென்றிருக்கும்?

4. வேக வளர்ச்சியின் அலகில் விநாடி என்பது இருமுறை வரக்காரணம் என்ன?

ஒரு புகைவண்டி மணிக்கு 24 மைல் வேகத்தில் சென்று கொண்டுள்ளது. தடை போட்டபின் அதன் வேகம் 300 அடி செல்வதற்குள் மணிக்கு 6 மைல் எனக்குறைகிறது. அதன் வேகக்குறைவு என்ன? அது மேற்கொண்டு எவ்வளவு தூரம் செல்லும்?

5. ஒரு துகள் 60 அடி/விநாடி எனும் திசைவேகத்தில் புறப்பட்டு —6 அடி/விநாடி/விநாடி எனும் வேகவளர்ச்சியுடன் செல்கிறது. அதன் திசைவேகம் எப்போது சுழியாக இருக்கும்? அது எப்போது புறப்பட்ட இடத்தை மீண்டும் அடையும்? அது புறப்பட்ட இடத்திலிருந்து $166\frac{2}{3}$ அடி தூரத்தில் இருக்கும்போது அதன் திசைவேகம் என்ன?

6. ஒரே சீரான வேகவளர்ச்சியோடு சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு துகள் n ஆவது விநாடியில் செல்லும் தூரத்திற்கான ஒரு சமன்பாட்டினை வருவி.

ஒரு பொருள் புறப்பட்டதிலிருந்து 6-வது விநாடியில் 54 அடி தூரமும், 9-வது விநாடியில் 78 அடி தூரமும் சென்றிருக்குமானால் அதன் ஆரம்ப வேகமும் வேகவளர்ச்சியும் என்ன?

7. புவி ஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி என்பதனை விளக்கு.

ஒரு கல் மேலிருந்து தானாகக் கீழேவிழுகிறது. அது மூன்று விநாடிகளில் விழும் உயரத்தையும், மூன்றாவது விநாடியில் விழும் உயரத்தையும் கணக்கிடு.

8. ஒரு கல்லானது தரையிலிருந்து செங்குத்தாக மேனோக்கி 128 அடி/விநாடி/விநாடி எனும் நேர்வேகத்துடன் எறியப்படுகிறது. அது எவ்வளவு உயரம் செல்லும்? அது மீண்டும் தரையை அடைய எவ்வளவு நேரம் ஆகும்? அது 80 அடி உயரத்தில் உள்ளபோது அதன் வேகம் என்ன?

9. ஒரு பந்து தரையில் பட்டவுன் எம்பி 90 செ.மீ. உயரம் செல்கிறது. அது என்ன வேகத்தில் தரையிலிருந்து மேலெழும்பி இருக்கும்?

10. ஒரு கல் 160 அடி/விநாடி திசை வேகத்தில் மேனோக்கி எறியப்படுகிறது. பாதி வழியில் அதன் வேகமென்ன? அது மிக உயர்ந்த இடத்தை அடைவதற்காகும் நேரத்தில், பாதி நேரத்தில் அதன் வேகம் என்ன?

11. ஒரு பொருள் ஓய்வு நிலையிலிருந்து, ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து கீழே விழுகிறது. அது தன் பயணத்தின் இறுதி விநாடியில் 65·1 மீட்டர் கடந்திருக்குமானால் கோபுரத்தின் உயரமென்ன?

12. ஒரு கட்டிடத்தின் உச்சியிலிருந்து மேனோக்கி 64 அடி/விநாடி வேகத்தில் எறியப்பட்ட ஒரு கல் தரையை அடைய 5 விநாடிகள் எடுத்துக் கொள்ளுமானால் அக்கட்டிடத்தின் உயரமென்ன?

13. 96 அடி உயரமுள்ள ஒரு கோபுரத்திலிருந்து ஒரு கல் மேனோக்கி 80 அடி/விநாடி வேகத்தில் எறியப்படுகிறது. அது தரையை அடைய எவ்வளவு நேரம் ஆகும்?

14. மணிக்கு 60 மைல் வேகத்தில் ஒரு பலூன் மேனோக்கி சென்றுகொண்டிருக்கிறது. அதிலிருந்து போடப்பட்ட ஒரு கல் 10 விநாடிகளில் தரையை அடைந்தால், அக்கல்லை போட்ட அந்தக் கணத்தில் பலூன் தரையிலிருந்து என்ன உயரத்தில் இருந்திருக்கும்?

15. ஒரு பொருள் மேனோக்கி செங்குத்தாக 80 அடி/விநாடி நேர்வேகத்தில் எறியப்படுகிறது. மூன்று விநாடிகள் கழித்து அதே இடத்திலிருந்து அதே திசைவேகத்தில் வேறொரு பொருள் எறியப்படுகிறது. அவை எங்கே எப்போது சந்திக்கும்?

16. ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து மேனோக்கி எறியப்பட்ட ஒரு கல் 5 விநாடிகளில் தரையை அடைகிறது. ஆனால் அதே வேகத்தில் கீழ்நோக்கி எறிந்தால் அக்கல் 1 விநாடியிலேயே தரையை அடைகிறது. கல்லின் ஆரம்ப வேகத்தையும் கோபுரத்தின் உயரத்தையும் கணக்கிடு.

17. நியூட்டனின் முதல் இயக்க விதியினைக் கூறு. அதிலிருந்து 'சடத்துவம்', 'விசை' ஆகியவற்றை விளக்கு.

10 கிராம் பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின்மீதுத் தொழிற்பட்டு 8 செ.மீ./விநாடி/விநாடி வேகவளர்ச்சியை உண்

டாக்கக்கூடிய விசை யாது? இந்த விசை 16 கிராம் பொருண்மையுள்ள பொருளில் என்ன வேகவளர்ச்சியை உண்டாக்கும்?

18. நியூட்டனின் இரண்டாவது இயக்க விதியினைக்கூறு. இதைக்கொண்டு விசையினை அளப்பதற்கான ஒரு சமன்பாட்டை வருவி.

5 பவுண்டு எடையுள்ள ஒருவிசை ஓய்விலுள்ள 80 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின்மீதுத் தொழிற்படுகிறது. அப்பொருள் விஞடிக்கு 30 அடி திசைவேகத்தை அடைவதற்குள் எவ்வளவு தூரம் செல்லும்?

19. விசையின் பல்வேறு அலகுகளையும் வரையறு.

20 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒருபொருள் விஞடிக்கு 25 அடி திசைவேகத்தில் சென்றுகொண்டுள்ளது. இதனை 5 விஞடிகளில் நிறுத்தக்கூடிய விசை யாது?

20. விஞடிக்கு 200 செ. மீ. திசைவேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 625 கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின்மீது ஒருவிசை தொழிற்பட்டு 5 விஞடிகளில் அதன் திசைவேகத்தை எதிர்த்திசையில் 300 செ. மீ./விஞடியாக மாற்றுகிறது. இந்த விசை ஓய்விலிருக்கும் வேருெரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டு அதனை 8 விஞடிகளில் 40 செ.மீ. தூரம் நகரச் செய்கிறது. இந்த இரண்டாவது பொருளின் பொருண்மையைக் கண்டுபிடி.

21. நியூட்டனின் மூன்ருவது இயக்க விதியினைக்கூறி விளக்கு.

விஞடிக்கு 15 அடி திசைவேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 20 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருள், விஞடிக்கு 10 அடி திசைவேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 30 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள வேருெரு பொருளை முந்திச் சென்று அதோடு இரண்டற ஒட்டிக்கொள்கிறது. அவற்றின் பொதுவான திசைவேகம் யாது?

22. வேகத்திணிவு என்பதனை வரையறு. வேகத்திணிவு அழியாமை தத்துவத்தினை இரு எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்கு.

5 டன் பொருண்மையுடைய ஒரு துப்பாக்கியிலிருந்து விநாடிக்கு 1120 அடி திசைவேகத்தில் 20 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு குண்டு வெடிக்கப்படுகிறது. துப்பாக்கி பின்னடைவதின் திசைவேகம் யாது?

23. விநாடிக்கு 12 செ.மீ. திசைவேகத்தில் சென்றுகொண்டிருந்த 500 கிராம் பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருள், ஓய்வி லிருந்த 1000 கிராம் பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளினைத் தாக்குகிறது. இதனால் இரண்டாவது பொருள் 8 செ.மீ./விநாடி திசைவேகத்தில் முதலாவதின் திசையிலே சென்றால், முதலாவது என்ன திசைவேகத்தில் எப்போது செல்லும்?

24. $5\frac{1}{2}$ அவுன்சு பொருண்மையுள்ள ஒரு கிரிக்கட் பந்து 100 அடி/விநாடி வேகத்தில் வந்து கொண்டிருக்கிறது. அதனை ஆட்டக்காரர் $\frac{1}{100}$ விநாடியில் தடுத்து நிறுத்தினால் சராசரி வேகக்குறைவு என்ன? பந்தின்மீது ஆட்டக்காரர் தொழிற்படுத்திய விசை எவ்வளவு?

25. விநாடிக்கு 96 அடி வேகத்தில் வந்து கொண்டிருக்கும் $5\frac{1}{2}$ அவுன்சு பொருண்மையுள்ள ஒரு கிரிக்கட் பந்தினைப் பிடிக்கும் ஆட்டக்காரர் தன் கையினை 1 அடி பின்னோக்கி இழுப்பாரானால் அவர் அதன்மீது தொழிற்படுத்திய விசை என்ன?

26. 'வேலை' யினை வரையறு அதன் அலகுகள் யாவை?

ஒரு கிணற்றிலிருந்து தரை மட்டத்திற்கு நிமிடத்திற்கு 100 காலன் வீதம் தண்ணீரை உயர்த்த வேண்டியுள்ளது. கிணற்றில் நீர் சராசரியாக 80 அடி ஆழத்தில் இருக்குமானால் இதற்குப் பயன்படுத்த வேண்டிய எந்திரத்தின் குதிரைத் திறனைக் கணக்கிடு.

27. வேலை, திறன், ஆற்றல் ஆகியவற்றை விளக்கி அவற்றின் அலகுகளையும் கூறு.

30 அடி உயரமுள்ள ஒரு கட்டிடத்தின் உச்சியில் 10 அடி நீளம் 8 அடி அகலம் 4 அடி உயரமுடைய ஒரு தொட்டி உள்ளது. சராசரியாக 20 அடி ஆழத்தில் நீர் உள்ள கிணற்றிலிருந்து இந்தத் தொட்டியை $1\frac{1}{2}$ மணி நேரத்தில் நிரப்புவதற்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய எந்திரத்தின் குதிரைத்திறன் என்ன?

28. ஒரு மின் மோட்டாரினால் இயங்குகின்ற ஒரு பம்பு, 3 குதிரைத்திறன் ஆற்றலை எடுத்துக் கொண்டு. சராசரியாக்

30 அடி ஆழத்தில் நீர் உள்ள கிணற்றிலிருந்து தரைமட்டத்திற்கு ஒரு நிமிடத்தில் 220 காலன் நீரை உயர்த்துகிறது. பம்பிலும் மோட்டாரிலும் எத்தனை விழுக்காடு ஆற்றல் வீணாகிறது?

29. ஒரு உந்து வண்டியானது தன்முழுத்திறனையும் பயன்படுத்தி சமதரையில் 60 மைல்/மணி என்னும் சீரான திசைவேகத்தில் செல்கிறது. வண்டியின் குதிரைத்திறன் 15 ஆனால், சாலையும் காற்றும் உந்து வண்டியின் இயக்கத்தை என்ன விசையோடு எதிர்க்கின்றன?

30. 500 டன் பொருண்மையுடைய ஒரு புகை வண்டித் தொடரை சம தரையில் அமைந்த இருப்புப் பாதையில் மணிக்கு 60 மைல் வேகத்தில் ஒரு எஞ்சின் இழுத்துச் செல்கிறது. பாதைக்கும் வண்டியின் சக்கரங்களுக்கும் இடையேயுள்ள உராய்வு விசை ஒரு டன்னுக்கு 8 பவுண்டு எடையானால் எஞ்சினின் குதிரைத்திறன் யாது?

31. இயக்க ஆற்றல், நிலை ஆற்றல் ஆகியவற்றை வரையறுத்து அவற்றிற்கான சமன்பாடுகளையும் வருவி.

ஒரு எந்திரத் துப்பாக்கியானது ஒவ்வொன்றும் 1 அவுன்சு பொருண்மையுள்ள 600 குண்டுகளை ஒரு நிமிடத்தில் வெடிக்கிறது. குண்டு 1000 அடி/விநாடி வேகத்தில் வெளிப்படுமானால் துப்பாக்கியின் குதிரைத்திறனைக் கணக்கிடு.

32. ஒரு குண்டானது செங்குத்தாக மேனோக்கி 640 அடி/விநாடி நேர்வேகத்தில் வெடிக்கப்படுகிறது. அதன் இயக்க ஆற்றல் தொடக்கத்தில் இருந்ததில் பாதியாகும் நிலையில், அது எவ்வளவு உயரம் சென்றிருக்கும்?

33. 'கோணவேகம்' என்பதனை வரையறு.

ஒரு மிதிவண்டி 9 மைல் மணி என்னும் நேர்வேகத்தில் சென்று கொண்டுள்ளது. அதன் சக்கரத்தின் ஆரம் 1 அடி ஆனால் அதன் கோணவேகம் என்ன?

34. 'நேர்குத்து வேக வளர்ச்சி' என்றால் என்ன? மையம் நாடும் விசை, மையம் விட்டோடும் விசை ஆகியவற்றைத் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

எளிய இசை இயக்கம் என்பதினை எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்கிக் கூறு.

35. தனி ஊசலின் விதிகளைக் கூறு. ஒரு தனி ஊசலைக் கொண்டு எவ்வாறு புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சியைக் கண்டு பிடிப்பாய்?

ஓரிடத்தில் ஒரு விநாடி ஊசலின் நீளம் 99·5 செ.மீ. ஆனால் அங்கு புவிஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சி யாது?

36. ஒரு தனி ஊசல் 20 அலைவுகளுக்கு 38 விநாடிகளை எடுத்துக் கொள்கிறது. அதன் நீளமென்ன?
($g=978$ செ.மீ./விநாடி)

37. 90 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு தனி ஊசல் 30 அலைவுகளுக்கு 57 விநாடிகள் எடுத்துக் கொள்கிறது. அந்த இடத்தில் புவி ஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி என்ன?

38. சென்னையில் புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி 980 செ.மீ. விநாடி/விநாடி ஆனால், அங்கு 1 விநாடி அலைவு நேரமுடைய ஒரு தனி ஊசலின் நீளம் யாது?

39. ஓரிடத்தில் புவிஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சி 981 செ.மீ. விநாடி/விநாடி. அங்கே ஒரு விநாடி ஊசலின் நீளம் என்ன இருக்கும்?

3. நிலையியல்

(Statics)

பொறிநுட்பவியலின் ஒரு பகுதி நிலையியல் எனப்பார்த்தோம். ஒரு பொருள் அல்லது துகளின் மீது விசைகள் தொழிற்படும்போது அப்பொருள் சமநிலையில் (equilibrium) இருப்பதைப் பற்றிப் பார்ப்பதே நிலையியல் (Statics). விசை என்பது என்ன என்பதையும், அது உண்டாக்கும் விளைவு என்ன என்பதையும் நியூட்டனின் இயக்க விதிகளில் பார்த்தோம். அமைதிநிலையில் அல்லது ஒரு நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான இயக்கத்தில் உள்ள பொருள் அல்லது துகளின் மீது தொழிற்பட்டு அதன் நிலையை மாற்றவல்ல ஒரு செயலியே விசை. எனவே விசை ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டால் அதில் வேக வளர்ச்சியை உண்டுபண்ணும் அல்லது உண்டுபண்ண முயலும். இது விசை பொருள்களின்மீது உண்டுபண்ணும் விளைவு. எனவே ஒரு பொருளின்மீது ஒரே ஒரு விசை தொழிற்பட்டால் அதன் நிலை மாறும்; சமநிலையில் இருக்கமுடியாது. குறைந்தது அந்த விசைக்குச் சமமான மற்றொரு விசை எதிர் திசையில் தொழிற்பட்டு முதல் விசையின் விளைவை எதிர்த்தழித்தால்தான் பொருள் சமநிலையில் இருக்கும். எனவே ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசைகள் தொழிற்படும்போதுதான் நாம் ஒரு பொருள் சமநிலையைப் பற்றி எண்ணிப்பார்க்க வேண்டும்.

ஒரு விசையினை படத்தில் குறிக்க வேண்டுமானால் (1) அது எந்தப் புள்ளியில் தொழிற்படுகிறது. (2) அதன் அளவு என்ன (3) அதன் திசை என்ன என்ற இந்த மூன்றையும் கவனத்தில் கொள்ளவேண்டும். எனவே, ஒரு புள்ளியிலிருந்து நேர் கோடினை வரைந்து அதில் ஒரு அம்புக்குறியிடுவதன் வாயிலாக ஒரு விசையினைக் குறிக்கலாம். இங்கே புள்ளியானது விசை

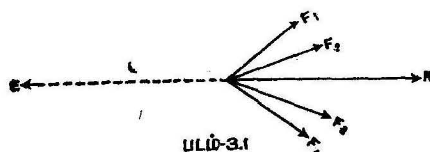
தொழிற்படும் நிலையையும், கோட்டின் நீளம் அதன் அள வையும் அம்புக்குறி திசையையும் குறிக்கும்.

தொகுபயன் (Resultant)

ஒரு பொருளின்மீது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசை தொழிற் படும்போது ஒவ்வொரு விசையும் ஒவ்வொரு விளைவை உண்டு பண்ணும். இவற்றின் மொத்த விளைவையே பொருள் உணரும். இப்போது, இந்த எல்லாவிசைகளையும் விலக்கிவிட்டு இந்த மொத்த விளைவை உண்டுபண்ணக்கூடிய ஒரே ஒரு விசையை மட்டிலும் பொருளின்மீது தொழிற்படுத்தலாம் அல்லவா? இந்த ஒரு விசையானது முதலில் தொழிற்படுத்திய பல விசை களின் அமைப்பிற்குச் சமம்; இதன் விளைவு அவற்றின் விளைவு களின் தொகுபயனாகும். எனவே இந்த ஒரு விசையினை அவ்விசைகள் அமைப்பின் தொகுபயன் எனக் கூறுவது வழக்கம்.

விசைகளின் ஒரு அமைப்பின் தொகுபயன் என்பது அவ்விசை கள் அமைப்பு ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டு என்ன விளைவை உண்டாக்குமோ அதே விளைவை உண்டுபண்ணக்கூடிய ஒரு தனி விசையாகும்.

விசைகளின் ஒரு அமைப்பு ஒரு பொருளின்மீது தொழிற் படுவதாகக்கொள்வோம். அதன் தொகுபயன் R ஆனல் (படம் 3·1) அவ்விசைகளின் அமைப்பை நீக்கிவிட்டு R ஐ



படம்-3.1

தொழிற்படச் செய்தால் அதே விளைவுதான் உண்டாகும். இப்போது Rக்கு எதிர்த்திசையில் Rக்குச் சமமான பிறிதொரு விசையையும் (E) தொழிற்படச் செய்தால் Rன் விளைவை E எதிர்த்தழிக்கும். எனவே, பொருள் சமநிலையில் இருக்கும் எனவே, E என்பது அவ்விசைகளின் அமைப்பினது சமனி (Equilibrant) எனப்படும்.

பல விசைகள் சேர்ந்த ஒரு அமைப்பின் சமனி என்பது அவ்விசைகளோடு சேர்ந்து ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்படும்போது அப்பொருளை சமநிலையில் வைக்கக்கூடிய ஒரு தனி விசையாகும்.

சமனியும் தொகுபயனும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்; அவை எதிரெதிர்த் திசைகளில் இருக்கும்.

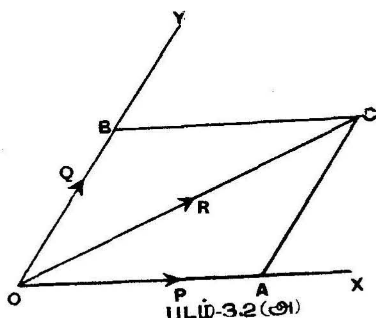
பல விசைகள் ஒரு பொருளை சம நிலையில் வைத்திருக்குமானால் அதில் எந்த ஒரு விசையும் மற்ற விசைகளின் சமனியாகும்.

விசைகளுக்கான இணைகர விதி (Law of parallelogram of forces)

இது, இரு விசைகளின் தொகுபயனை எளிதில் காண்பதற்குப் பயன்படும் விதியாகும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு சொல்லலாம்.

ஒரு புள்ளியில் சேர்ந்தால்போல் தொழிற்படும் இரு விசைகளை ஒரு இணைகரத்தின் அடுத்தடுத்துள்ள இரு பக்கங்களால் அளவாலும் திசையாலும் குறிக்க முடியுமானால் அவ்விரு பக்கங்களும் சந்திக்கும் புள்ளியின் வழியாக வரையப்படும் இணைகரத்தின் மூலைவிட்டமானது அவ்விசைகளின் தொகுபயனை அளவாலும் திசையாலும் குறிக்கும்.

P, Q எனும் இரு விசைகள் OX, OY திசைகளில் தொழிற்படுவதாகக் கொள்வோம். OX-ன் மீது Pஐ அளவாலும் திசை



படம்-3.2 (அ)

யாலும் குறிக்க OA என்ற நீளத்தை எடுத்துக்கொள். அவ்வாறே OY-ன் மீது Qஐ குறிக்க OB என்ற நீளத்தை எடுத்துக் கொள். OACB என்ற இணைகரத்தை வரை. OC என்ற மூலை

விட்டத்தையும் வரை. இப்போது, OC ஆனது P, Q ஆகிய வற்றின் தொகுபயனாகும். இத்தொகுபயன் R ஆனால்,

$R = \sqrt{P^2+Q^2+2PQ \, Cos \, A\hat{O}B}$ எனக் காட்டலாம்.

இரு விசைகளும் ஒரே திசையில் தொழிற்பட்டால்

$\underline{|AOB} = O$, எனவே $R = \sqrt{P^2+Q^2+2PQ. \cos o}$

அல்லது, $R = \sqrt{P^2+Q^2+2PQ}$

அல்லது, $R = \sqrt{(P+Q)^2}$

அல்லது, $R = P+Q.$

எனவே, இரு விசைகள் ஒரு புள்ளியில் ஒரே திசையில் தொழிற் பட்டால் அவற்றின் தொகுபயன் அவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமம்; அது விசைகளின் திசையிலேயே இருக்கும்.

இரு விசைகளும் எதிரெதிர்த் திசையில் தொழிற்பட்டால் $AOB = 180°$. எனவே,

$R = \sqrt{P^2+Q^2+2PQ \cos 180}$

அல்லது, $R = \sqrt{P^2+Q^2+2PQ(-1)}$

அல்லது, $R = \sqrt{P^2+Q^2-2PQ}$

அல்லது, $R = \sqrt{(P-Q)^2}$

அல்லது, $R = (P-Q)$

எனவே, இரு விசைகள் எதிரெதிர்த்திசையில் ஒரு புள்ளியில் தொழிற்பட்டால் அவற்றின் தொகுபயன் அவற்றின் வேறு பாட்டிற்குச் சமம்; இது அவற்றில் பெரிய விசையின் திசை யில் இருக்கும்.

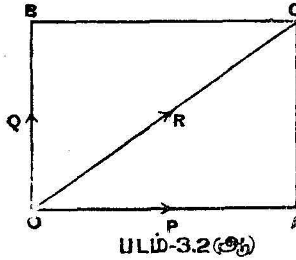
விசைகளுக்கான இணைகர விதியினை எந்த வெக்டர் அள வுக்கும் பயன்படுத்தலாம்.

விசையின் நேர்கூறுகள்

இரு விசைகளின் தொகுபயனைக் காண்பதற்குரிய வழி யினைப் பார்த்தோம். அதேபோல் ஒரு விசையினை இரண்டு அல்லது பல கூறுகளாக நாம் விரும்பும் திசைகளில் பகுக்க

லாம். ஒரு விசையினை ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தான இரு திசைகளில் (காட்டாக, கிடையாகவும் செங்குத்தாகவும்) கூறுகளாகப் (components) பகுக்கும் வழியினை மட்டும் இங்குக் காண்போம்.

R எனும் ஒரு விசையானது OA திசைக்கு θ கோணத்தில், அதாவது, OC திசையில் தொழிற்படுவதாகக் கொள்வோம். இதனை OA திசையிலும் OAக்கு நேர்குத்தான OB திசையிலும்



படம்-3.2(ஆ)

இருகூறுகளாகப் பகுக்கவேண்டும் எனக்கொள்வோம். இப்போது OC என்பது R-ஐ அளவாலும் திசையாலும் குறிக்கட்டும். C-லிருந்து OA–க்கு CA என்ற நேர்குத்துக் கோட்டையும், OB-க்கு CB என்ற நேர்குத்துக் கோட்டையும் வரைவோம். OA-உம் OB-உம் Rன் கூறுகளைக் குறிக்குமென எளிதில் காட்டலாம். OA-உம் OB-உம் O வில் தொழிற்படும் இரு விசைகளைக் குறிக்குமானால் OC ஆனது அவற்றின் தொகுபயனைக் குறிக்கும் என்பது இணைகர விதியிலிருந்துத் தெரியும். எனவே OA, OB ஆகியவற்றின் மதிப்பு முறையே P, Q ஆனால், P-உம், Q-உம் Rன் கூறுகளாகும்.

படம் 3·2 (ஆ) விருந்து,

$$P = OA = OC \cos \angle AOC = OC \cos \theta$$

அல்லது, $P = R \cos \theta$

மேலும், $Q = OB = OC \cos \angle BOC$

$$= OC \cos (90 - \theta.)$$

$$= OC \sin \theta.$$

அல்லது, $Q = R \sin \theta.$

எனவே, R எனும் ஒரு விசையை அதற்கு θ° சாய்வான திசையில் $P = R \cos \theta$ என்ற கூறாகவும் அதற்கு நிலைக்குத்தான திசையில் $Q = R \sin \theta$ என்ற கூறாகவும் இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.

விசைகளுக்கான முக்கோண விதி (Law of triangle of forces)

இணைகர விதியினை விளக்க எடுத்துக்கொண்ட எடுத்துக் காட்டில் P, Q ஆகிய இரு விசைகள் OX, OY திசைகளில் O என்ற புள்ளியில் தொழிற்படுகின்றன. அவற்றை OA, OB ஆகியவை குறிக்குமானால் (படம் 3·2) அவற்றின் தொகுபயன் R-ஐ OC குறிக்கும். எனவே O புள்ளி OC திசையில் நகர ஆரம்பிக்கும். O–ஐ சமநிலைப்படுத்தவேண்டுமானால் R–க்குச் சமமான ஒரு விசையை R–க்கு எதிர்த்திசையில் தொழிற்படுத்த வேண்டும். அதாவது, சமனியைத் தொழிற்படுத்தவேண்டும். படத்தில் CO என்பது சமனியைக் குறிக்கும். எனவே, P, Q, E ஆகிய மூன்று விசைகள் O–ஐ சமநிலையில் வைத்துள்ளன. இப்போது OA ஆனது P–யையும், AC ஆனது Q-யையும் (AC ஆனது OB-க்குச் சமமாகவும் இணையாகவும் இருப்பதால்) CO ஆனது E–யையும் குறிக்கின்றன. எனவே, இம்முடிவே முக்கோண விதியாகும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

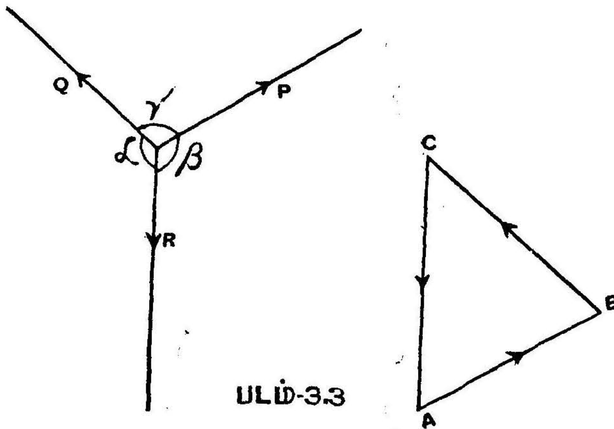
ஒரு புள்ளியில் சேர்ந்தாற்போல் தொழிற்படும் மூன்று விசைகளை அளவாலும், திசையாலும் வரிசை முறையில் ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று பக்கங்களால் குறிக்க முடியுமானால் அப்புள்ளி சமநிலையில் இருக்கும்.

இவ்விதியின் மறுதலையும் மிகவும் பயனுடையது அதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

ஒருபுள்ளியில் மூன்று விசைகள் சேர்ந்தாற்போல் தொழிற்பட்டு அப்புள்ளியைச் சமநிலையில் வைத்திருக்குமானால் அவ்விசைகளை அளவாலும் திசையாலும், வரிசை முறைமையில் ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று பக்கங்களால் குறிக்கலாம்.

P, Q, R, என்ற மூன்று விசைகள் O என்ற புள்ளியை சமநிலையில் வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம் (படம் 3.3). இம்மூன்று விசைகளின் திசைக்கு இணையாக மூன்று நேர்க்கோடு வரைவோம். அவை $A\ B\ C$ என்ற முக்கோணத்தை அடைக்

கட்டும். இப்போது AB, BC, CA ஆகியவை முறையே P, Q, R,



படம்-3.3

விசைகளுக்கு இணையாக உள்ளன. எனவே, முக்கோண விதியின் மறுதலைப்படி இவை இம்மூன்று விசைகளின் அளவுகளையும் குறிக்கவேண்டும். அதாவது,

$P \propto AB$ அல்லது, $P = K.AB$. இங்கே K ஒரு மாறிலி.

$Q \propto BC$ அல்லது, $Q = K.BC$.

$R \propto CA$ அல்லது, $R = K.CA$. எனவே,

$$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{R}{CA}$$

லாமி தேற்றம் (Lami's theorem)

முக்கோண விதியிலிருந்து, கோண கணித முறைகளைப் பயன்படுத்தி எளிதில் லாமி தேற்றத்தை வருவிக்கலாம். இத்தேற்றம் பின்வருமாறு :

மூன்று விசைகள் ஒரு புள்ளியில் சேர்ந்தாற்போல் தொழிற்பட்டு அப்புள்ளியைச் சம நிலையில் வைக்குமானால், ஒவ்வொரு விசையும் மற்ற இரு விசைகளுக்கு இடையேயுள்ள கோணத்தின் நெடுக்கைக்கு(*Sine*)நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

படம் 3.3.ல் P, Q, R ஆகிய மூன்று விசைகள் O என்ற புள்ளியைச் சமநிலையில் வைத்துள்ளன. Q, R விசைகளுக்

இடையேயுள்ள கோணம் $\propto$ எனவும், R, P ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள கோணம் β எனவும், P, Q ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள கோணம் γ எனவும் கொள்வோம். லாமி தேற்றப்படி,

$P \propto Sin \propto$, அல்லது, $P = K^1 . Sin \propto$, இங்கே K^1 என்பது ஒரு மாறிலி.

$Q \propto Sin \beta$, அல்லது, $Q = K^1 Sin \beta$,

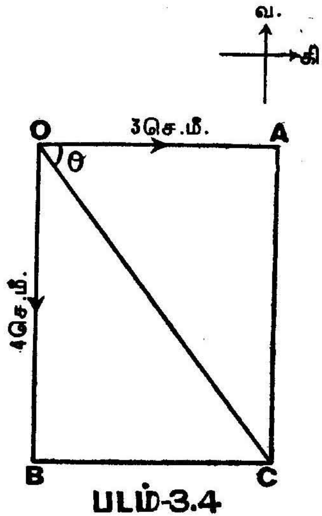
$R \propto Sin \gamma$, அல்லது, $R = K^1 Sin \gamma$.

எனவே, $\dfrac{P}{Sin \propto} = \dfrac{Q}{Sin \beta} = \dfrac{R}{Sin \gamma}$

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. ஒரு புள்ளியின்மீது 3 பவுண்டு எடையும் 4 பவுண்டு எடையும் உள்ள இரு விசைகள் முறையே கிழ்த் திசையிலும் தென் திசையிலும் தொழிற்படுகின்றன. அவற்றின் தொகு பயன் என்ன ?

1 செ.மீ. = 1 பவுண்டு எடை என்னும் அளவுத் திட்டத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். கிழ்த்திசையில் 3 செ.மீ. நீளமுடைய



படம்-3.4

ஒரு நேர்கோட்டையும் (OA), தென்திசையில் 4 செ.மீ. நீளமுடைய ஒரு நேர்கோட்டையும் (OB) வரை. இப்போது OA

OB ஆகியவை இரு விசைகளையும் அளவாலும் திசையாலும் குறிக்கின்றன. $OACB$ என்ற இணைகரத்தை வரை. இது ஒரு செவ்வகமாக இருக்கும் என்பது தெளிவு. OC மூலை விட்டத்தை வரைந்து அள. இணைகர விதிப்படி இதுவே தொகுபயன். OCன் மதிப்பு 5 செ.மீ. ஆக இருக்கக் காணலாம். எனவே தொகுபயன் 5 பவுண்டு எடை $\underline{|AOC}$ என்கிற கோணத்தை அள. இது தொகுபயனின் திசையைக் கொடுக்கும். இந்த எடுத்துக்காட்டில் இணைகரம் செவ்வகமாக உள்ளதால் தொகுபயனை நாம் நேரடியாக எளிதில் கணக்கிடலாம்.

$OC^2 = OA^2 + OB^2$ (OAC ஒரு செங்கோண முக்கோணம்)

$= 3^2 + 4^2$

$= 9 + 16 = 25$

எனவே, $OC = 5$ செ.மீ.

எனவே, தொகுபயன் விசை $= 5$ பவுண்டு எடை.

$\underline{|AOC} = \theta$ ஆனால்.

$$\tan\theta = \frac{AC}{OA} = \frac{OB}{OA} = \frac{4}{3}$$

எனவே, $\theta = 53°8^1$

2. P, Q, R ஆகிய மூன்று விசைகள் O என்ற புள்ளியை சமநிலையில் வைத்துள்ளன. Q, R ஆகியவற்றுக்கிடையேயுள்ள கோணம் 120°, R, P ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் 100°. $R = 5$ பவுண்டு எடை. P, Q ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி. எல்லா விசைகளும் ஒரே தளத்திலேயே உள்ளன.

எல்லா விசைகளும் ஒரே தளத்தில் இருப்பதனால்

$\alpha + \beta + \gamma = 360°$ (படம் 3·3) எனவே,

$120 + 100 + \gamma = 360.$

அல்லது, $\gamma = 360 - 220 = 140°$

எனவே, $\alpha = 120°$, $\beta = 100°$, $\gamma = 140$. $R = 5$ பவுண்டு எடை

லாமி தேற்றத்தைப் பயன்படுத்த,

$$\frac{P}{Sin \propto} = \frac{Q}{Sin\ \beta} = \frac{R}{Sin \gamma}$$

அல்லது, $\frac{P}{Sin\ 120} = \frac{Q}{Sin\ 100} = \frac{R}{Sin\ 140}$. ஆனால்,

$$Sin\ 120 = Sin\ (180-60) = Sin\ 60 = 0{\cdot}8660$$

$$Sin\ 100 = Sin\ (180-80) = Sin\ 80 = 0{\cdot}9848$$

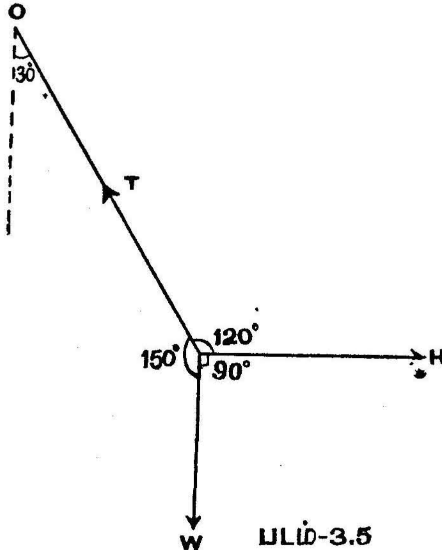
$$Sin\ 140 = Sin\ (180-40) = Sin\ 40 = 0{\cdot}6428$$

எனவே, $\frac{P}{0{\cdot}8660} = \frac{Q}{0{\cdot}9848} = \frac{5}{0{\cdot}6428}$.

எனவே, $P = \frac{5 \times 0{\cdot}8660}{0{\cdot}6428} = 6{\cdot}736$ பவுண்டு எடை

$Q = \frac{5 \times 0{\cdot}9848}{0{\cdot}6428} = 7{\cdot}661$ பவுண்டு எடை.

3. 15 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு குண்டு ஒரு இலேசான நூலினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இத்தோடு



படம்-3.5

வேறொரு நூலைக்கட்டி இழுக்க, முதல் நூல் செங்குத்துக் கோட்டுக்கு [30° சாய்வாகவும் இரண்டாவது நூல் கிடையாக வும் உள்ளன. நூல்களிலுள்ள இழு விசைகளைக் கணக்கிடு.

முதல் நூலிலுள்ள விசை T எனவும், இரண்டாவது நூலிலுள்ள விசை H எனவும் பொருளின் எடை W எனவும் கொண்டால் இறுதிச் சமநிலையைப் படம் 3·5 விளக்குகிறது.

லாமி தேற்றத்தைப் பயன்படுத்த,

$$\frac{W}{Sin\ 120} = \frac{H}{Sin\ 150} = \frac{T}{Tin\ 90}$$

அல்லது, $$\frac{15}{Sin\ (180-60)} = \frac{H}{Sin\ (180-30)} = \frac{T}{1}$$

அல்லது, $$\frac{15}{Sin\ 60} = \frac{H}{Sin\ 30} = T$$

அல்லது, $$\frac{15}{0\ 8660} = \frac{H}{0{\cdot}5000} = T$$

எனவே, $$T = \frac{15}{0{\cdot}8660} = 17{\cdot}32 \text{ பவுண்டு எடை}$$

$$H = \frac{15}{0{\cdot}8660} \times 0{\cdot}5 = 8{\cdot}66 \text{ பவுண்டு எடை.}$$

இணை விசைகள்

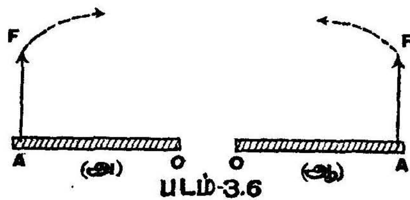
இதுவரை ஒரு புள்ளியில் தொழிற்படும் விசைகளைப் பற்றியே பார்த்தோம். பொருளின் அளவு பெரிதாக இருக்குமானால் அப்போது விசைகள் அதன்மீது வெவ்வேறு இடங்களில் தொழிற்படலாம் அல்லவா? அவ்வாறுள்ள விசைகள் பலவும் ஒன்றுக்கு ஒன்று இணையாக இருக்குமானால் அவை இணை விசைகள் (Parallel forces) எனப்பெறும். இணை விசைகளின் ஒரு தொகுதியில் எல்லா விசைகளும் இணையாக இருப்பதோடுகூட ஒரே முகமாகவும் இருந்தால் அவை ஒத்த இணை விசைகள் (Like parallel forces) எனவும், அவ்வாறின்றி ஒன்று அல்லது, சிலவற்றின் திசை மற்றவற்றிற்கு எதிர்ப்புறமாகவும் இருந்தால் அவை ஒவ்வா இணை விசைகள் (Unlike parallel forces) எனவும் அழைக்கப்பெறும். மேலும் நாம் எல்லா வகையான இணை விசைகளையும்பற்றிப் பார்க்கப் போவதில்லை. ஒரே தளத்தில் தொழிற்படும் இணை விசைகளிலேயே கவனத்தைச் செலுத்துவோம். இவை ஒருதள விசைகள் (Coplanar parallel forces) எனப்படும்.

சுழற்று திறன் (Moment)

ஒரு விசையானது ஒரு பொருளின்மீது தொழிற்பட்டால் அதனைத் தன் திசையில் இயங்கச் செய்யும் எனக் கண்டோம்; அப்பொருள் ஒரு புள்ளியின் அல்லது ஒரு அச்சில் பொருத்தப் பெற்றிருந்தால் அப்போது விசையானது பொருளை அந்தப் புள்ளியின்மீது, அல்லது அச்சின்மீது சுழலச் செய்யும். காட்டாக, கதவைத் தள்ளும்போது அது தன்னிடத்தை விட்டுப் போய்விடுவதில்லை. மாறாக, அது சுழலுகின்றது. பொருள்களைச் சுழலச் செய்யும் இந்த விளைவு, விசையின் சுழற்று திறன் எனப்படும். இது விசையையும், புள்ளி அல்லது அச்சிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் இவ்விசை தொழிற்படு கிறது என்பதையும் பொறுத்தது. எனவே, சுழற்று திறனைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு பொருளின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியின்மீது எந்த அளவு சுழற்சி விளைவினை ஒரு விசை உண்டாக்குமோ அதுவே அப்புள்ளியின்மீது அவ்விசையின் சுழற்றுதிறன் எனப்படும். இது அவ்விசை விசைக் கோட்டிற்கும் (Line of action of the force) புள்ளிக்கும் இடையே யுள்ள செங்குத்துத் தூரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமம்.

எனவே, F எனும் ஒரு விசை ஒருபொருளின்மீது A புள்ளி வழியாகத் தொழிற்படும்போது O-வின்மீது அதன் சுழற்று திறன் (படம் 3·6) $F \times OA$ ஆகும்.



படம்-3.6

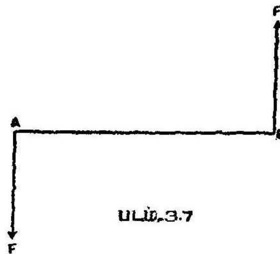
இப்போது, F ஆனது O-வில் தொழிற்பட்டால் சுழற்று திறன் சுழி என்பது வெளிப்படை.

மேலும், படம் 3·6 (அ)வில் பொருள் வலஞ்சுழியாகச் (clockwise) சுழலும். எனவே, இது வலஞ்சுழி சுழற்றுதிறன் (clockwise moment) எனப்படும். படம் 3·6 (ஆ)வில் பொருள் இடஞ்சுழியாகச் சுழலும். எனவே இது இடஞ்சுழி சுழற்று

திறன் (Anti-clockwise moment) எனப்படும். இடஞ்சுழி சுழற்று திறனை நேர்குறி உடையதாகவும் வலஞ்சுழியை எதிர்க்குறி உடையதாகவும் கொள்வது வழக்காறு.

விசைப்பிணை

இரண்டு சமமான விசைகள் (F, F) ஒரு பொருளின்மீது A, B எனும் இரு புள்ளிகளில் தொழிற்படுவதாகக் கொள்வோம். இப்போது இவற்றின் தொகுபயன் சுழியாகும். ஆனாலும் பொருள் தொடர்ந்து சுழன்றுகொண்டே இருக்கும். இவ்விரு விசைகளும் சேர்ந்து உண்டுபண்ணும் விளைவைத் தர



படம்.3.7

வல்ல ஒருதனி விசையைக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. எனவே இவை இரண்டையும் சேர்த்தே எப்போதும் கவனிக்க வேண்டும். இவை விசைப்பிணை (couple) எனப்படும். வெவ்வேறு புள்ளிகளில் தொழிற்படும் இரண்டு சமமான ஒவ்வா இணைவிசைகளே ஒரு விசைப்பிணையை உருவாக்குகின்றன. விசைப்பிணையின் சுழற்று திறனானது இரு விசைகளில் ஏதேனும் ஒன்று, இரு விசைகளுக்கும் இடையேயுள்ள செங்குத்துத் தூரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகையாகும். படம் (3·7)-ல்

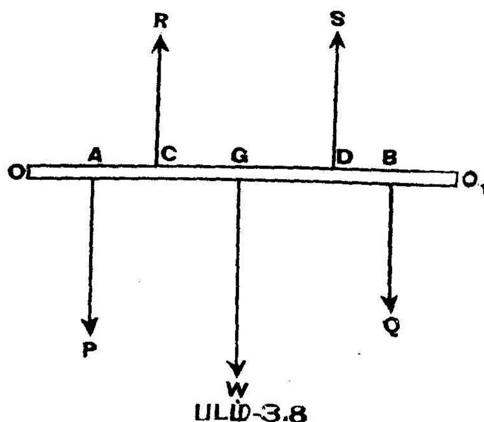
விசைப்பிணையின் சுழற்று திறன் $\Big\}$ $= F \times AB.$

இணைவிசைகளின் ஆளுகையில் சமநிலைக்கான நிபந்தனைகள்

ஒரு பொருளின்மீது ஒருதள இணைவிசைகள் தொழிற்படுவதாகக் கொள்வோம். பொருள் சமநிலையில் இருக்கவேண்டுமானால், அதற்கு நேர்கோட்டு இயக்கமோ அல்லது சுழற்சியோ இருக்கக்கூடாது. எனவே இங்கு இரு நிபந்தனைகள் நிறைவேற வேண்டும்.

(1) நேர்கோட்டு இயக்கம் இருக்கக் கூடாதென்றால் பொருளின்மீது தொழிற்படும் விசைகளின் தொகுபயன் சுழி யாக இருக்கவேண்டும். நாம் ஒருதள இணைவிசைகளையே எடுத்துக் கொண்டுள்ளதால் அவற்றின் தொகுபயன் அவ்விசை களின் எண்மானக் கூடுதலேயாகும் (Algebraic sum). எனவே முதல் நிபந்தனையாவது :

பொருளின்மீது தொழிற்படும் எல்லா விசைகளின் எண்மானக் கூடுதல் சுழியாக இருக்கவேண்டும்.



படம்-3.8

எனவே, படம் 3·8-ல் மேனோக்கித் தொழிற்படும் R, S விசைகளை நேர்குறி உடையனவாகவும் கீழ்நோக்கிய P, Q, W ஆகியவற்றை எதிர்க்குறி உடையனவாகவும் கொண்டால்,

$$R+S-P-W-Q=O$$

அல்லது, $R+S=P+Q+W$

அதாவது, மேனோக்கிய விசைகளின் கூடுதல் = கீழ் நோக்கிய விசைகளின் கூடுதல்.

இதனைப் பொதுவாகச் சொன்னால் ஒரு திசையில் தொழிற் படும் விசைகளின் கூடுதல் அதற்கு எதிர்திசையில் தொழிற் படுவனவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

(2) சுழற்சி இல்லாதிருக்க வேண்டுமானால் விசைகளின் தொகுபயனான சுழற்றுதிறன் சுழியாக இருக்கவேண்டும்.

எனவே, விசைகள் உள்ள தளத்தில் அந்த ஒரு புள்ளியின்மீதும் அவ்விசைகளின் சுழற்றுதிறன்களின் எண்மானக் கூடுதல் சுழியாக இருக்க வேண்டும்.

படம் 3·8-ல் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில், காட்டாக, O-வில் சுழற்று திறன்களைக் கணக்கிட,

$$R\times OC+S\times OD-P\times OA-Q\times OB-W\times OG=O$$

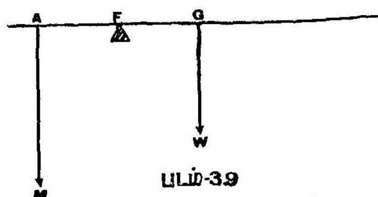
அல்லது, $R\times OC+S\times OD=P\times OA+Q\times OB+W\times OG$

அதாவது இடஞ்சுழி சுழற்று திறன்களின் கூடுதல் } = வலஞ்சுழி சுழற்று திறன்களின் கூடுதல்.

சோதனை 3·1

(அ). சுழற்று திறன்களின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு சீரான கோலின் எடையைக் கண்டுபிடித்தல்.

கொடுக்கப்பட்ட கோலினை முதலில் ஒரு கத்திமுனையின் மீது அது கிடையாக (horizontal) சமநிலையில் இருக்குமாறு முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி சரி செய்யவேண்டும். கத்திமுனை உள்ள இடத்தை கோலின்மீது குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.



படம்-3.9

இந்த இடம் (G) தான் அக்கோலின் ஈர்ப்பு மையம் (centre of gravity) ஆகும். எனவே, கோலின் எடை (W) இந்த இடத்தில் தான் தொழிற்படுகிறது. இப்போது, கோலை நகர்த்தி கத்தி முனையின்மீது F எனும் இடத்தில் இருக்குமாறு வைத்து மறு பக்கத்தில் ஒரு நூல் வளையத்தின் வாயிலாக ஒரு தெரிந்த எடையைத் (M) தொங்கவிட வேண்டும். M-ன் நிலையை சரி செய்வதன் வாயிலாக கோல் மீண்டும் கிடையாக F-ன்மீது சம நிலையில் இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும்; AF, FG ஆகிய தூரங்களை அளந்து கொள்ளவேண்டும்.

இப்போது கோலானது M, W, F-ல் உள்ள எதிர்வினை (Reaction) ஆகிய ஒருதள இணைவிசைகளின் ஆளுகையில் சமநிலையில் உள்ளது. F-ன்மீது சுழற்று திறன்களை எடுக்க,

$$W \times GF = M \times AF$$ (F-லியே சுழற்று திறன்களை எடுப்பதால் அங்குள்ள எதிர் வினையின் சுழற்று திறன் சுழியாகும்.)

எனவே, $$W = \frac{M \times AF}{GF}$$

M, AF, GF ஆகியவை தெரியுமாதலான் W-ஐக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

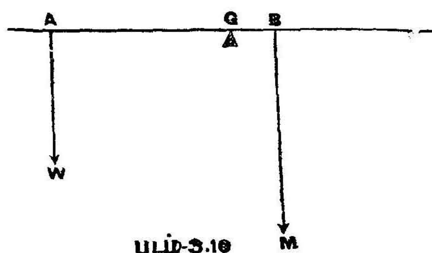
F-ன் நிலையை மாற்றியும், தெரிந்த எடை M-ஐ மாற்றியும் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி எடையைக் கணக்கிடலாம். எடுக்கும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம் :

எண்	தெரிந்த எடை M	GF	AF	கோ எடை W
			சராசரி=	

குறிப்பு : கோல் சீரானதாக இல்லாவிட்டாலும் இந்த முறையைக் கையாளலாம். சீரான கோலுக்கு ஈர்ப்பு மையம் கோலின் நடுவில் இருக்கும்.

(ஆ) சுழற்று திறன்களின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி பொருளின் எடையைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு சீரான கோலை எடுத்துக்கொண்டு அதனை முன்போல் ஒரு கத்தி முனையின்மேல் வைத்து கிடையாக இருக்கச் செய்து சமநிலைப்படுத்துவோம். கத்திமுனைமீது கோல் உள்ள இடம் கோலின் ஈர்ப்பு மையம் G ஆகும். இப்போது கோலின் ஒரு



படம்-3.10

பக்கத்திலிருந்து ஒரு நூல் வளையத்தின் வாயிலாக நாம் எடை (W) காணவேண்டிய பொருளையும் மறுபக்கத்திலிருந்து ஒரு தெரிந்த எடையையும் (M) தொங்கவிடவேண்டும். (W), (M) ஆகியவற்றின் இடங்களை (A,B) சரி செய்வதின் வாயிலாக கோலை கிடையாக இருக்கச் செய்யலாம். இப்போது W,M ஆகியவற்றின் தூரங்களை G லிருந்து அளந்துகொள்ள வேண்டும்.

G-ல் சுழற்று திறன்களை எடுக்க,

$$W \times AG = M \times BG$$

எனவே,
$$W = M \times \frac{BG}{AG}$$

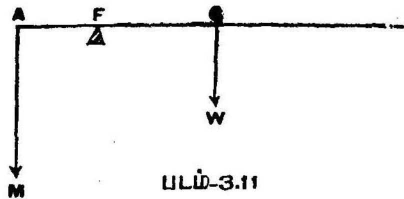
M, BG, AG ஆகியவை தெரியுமாதலால் Wஐக் கணக்கிடலாம்.

வெவ்வேறு தெரிந்த எடைகளைப் பயன்படுத்தியும், W,M ஆகியவற்றின் இடங்களை மாற்றியும் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி எடையைக் கணக்கிடலாம். எடுக்கப் பெறும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்:

எண்	தெரிந்த எடை M	AG	BG	பொருளின் எடை W
			சராசரி	

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 2 மீட்டர் நீளமுடைய ஒரு சீரான கோலின் எடை 1 கிலோ கிராம். இதன் முனையிலிருந்து 40 செ.மீ. நிறுத்தப்



படம்-3.11

பட்டுள்ளது. இதனைக் கிடையாக இருக்கச்செய்ய இங்கே முனையில் என்ன எடையை வைக்கவேண்டும்?

சீரான கோலை எடுத்துக்கொள்வதால் அதன் ஈர்ப்பு மையம் நடுவில் (G) இருக்கும். எனவே அதன் எடை $W=1$ கிலோகிராம் G-ல் கீழ்நோக்கி உள்ளது. A-ல் வைக்க வேண்டிய எடை M எனக்கொள்வோம். கோல் கிடையாக இருக்கும் இறுதிச் சமநிலையைப் படம் 3·11 காட்டுகிறது.

இங்கே, $AF=40$செ.மீ. எனவே, $GF=60$ செ.மீ. Fன் மீது சுழற்று திறன்களைக் கணக்கிட,

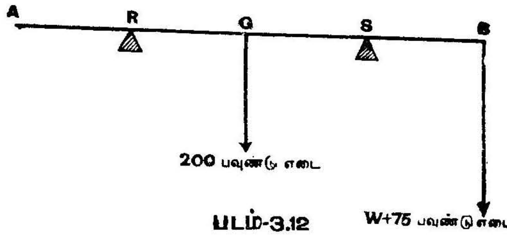
$$M \times AF = W \times GF.$$

அல்லது, $M \times 40 = 1 \times 60$

அல்லது $M = \frac{60}{40} = 1{\cdot}5$ கிலோ கிராம்.

(2) 200 பவுண்டு எடையும் 20 அடி நீளமுமுள்ள AB என்னும் ஒரு சீரான பலகையானது 10 அடி இடைவெளியில் உள்ள இரு கத்திமுனைகளின்மீது சமச்சீருடன் (Symmetrically) வைக்கப்பட்டுள்ளது. பலகையின் B முனையிலிருந்து 75 பவுண்டு எடை ஒன்று தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. ஒரு மனிதன் அப்பலகையின்மீது A விருந்து Bஐ நோக்கி நடக்கும்போது அவன் Bஐ அடையும் நிலையில் அப்பலகை குடைசாய ஆரம்பிக்கிறது. அப்படியானால் அவன் எடை என்ன?

R, S என்பவை கத்திமுனைகள் எனக்கொள்வோம். அப்போது $RS = 10$ அடி. பலகை சமச்சீருடன் வைக்கப்



படம்-3.12

பட்டுள்ளதால் $AR = SB = \frac{20-10}{2} = 5$ அடி. பலகை சீரானதாகையால் அதன் எடை, மையத்தில் (G) தொழிற்படும். பலகைகுடை சாயும் நிலையில் மனிதன் B-ல் இருப்பதால் B-ல் அவன்எடை Wவும் 75 பவுண்டு எடையும் சேர்ந்து தொழிற்படுகின்றன. குடைசாயும் நிலையில் பலகை S-ன் மீது சமநிலையில் இருக்கும் என்பதுத் தெளிவு. எனவே S-ன் மீது சுழற்று திறன்களை எடுக்க,

$$(W+75) \times BS = 200 \times GS.$$

அல்லது, $(W+75) \times 5 = 200 \times 5.$

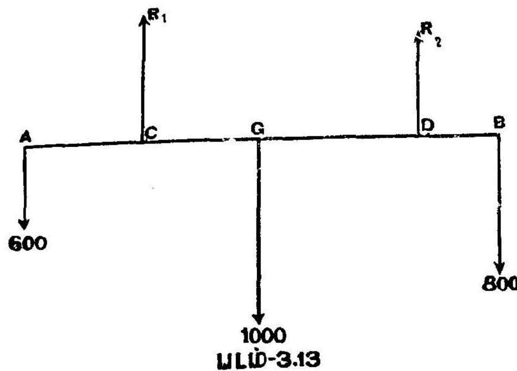
அல்லது, $W+75 = 200$

அல்லது, $W = 125$

அதாவது, மனிதனின் எடை 125 பவுண்டு.

(3) 120 செ.மீ. நீளமும். 1 கிலோ கிராம் எடையுமுள்ள AB என்னும் ஒரு சீரான கோல் C,D என்னும் இரு கத்தி முனைகளின்மீதுள்ளது. C ஆனது A விருந்து 30 செ.மீ. தூரத்திலும் D ஆனது B லிருந்து 20 செ.மீ. தூரத்திலும் உள்ளன. A-ல் 600 கிராம் எடை ஒன்றும் B-ல் 800 கிராம் எடை ஒன்றும் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இரு கத்தி முனைகளின்மீதும் உள்ள அமுக்கங்களைக் கணக்கிடு.

சீரான கோல் ஆனதால் அதன் எடை அதன் மையத்தில் (G) தொழிற்படும். R_1, R_2 ஆகியவை C,D யின்மீதுள்ள அமுக்கங்கள் ஆனல், கோல்மீது தொழிற்படும் பல்வேறு விசைகளும் படம் 3·13ல் குறிக்கப்பெற்றுள்ளவாறிருக்கும்.



படம்-3.13

சமநிலையில், மேனோக்கிய விசைகளின் கூடுதல் கீழ்நோக்கிய விசைகளில் கூடுதலுக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டுமாதலால்,

$$R_1 + R_2 = 600 + 1000 + 800$$

அல்லது $\quad R_1 + R_2 = 2400 \longrightarrow (1)$

Cன்மீது சுழற்றுதிறன்களைக் கணக்கிட,

இடஞ்சுழி சுழற்றுதிறன்களின் கூடுதல் = வலஞ்சுழி சுழற்றுதிறன்களின் கூடுதல்

அல்லது, $600 \times AC + R_2 \times AD = 1000 \times GC + 800 \times BC$

(Cன்மீது Rன் சுழற்றுதிறன் சுழி)

அல்லது, $600 \times 30 + R_2 \times 70 = 1000 \times 30 + 800 \times 90$

அல்லது, $18000 + 70R_2 = 30000 + 72000$

அல்லது, $70R_2 = 102000 - 18000$

அல்லது, $70R_2 = 84000$

$R_2 = 1200$ கிராம் எடை

இதில் (1)ல் பதிலிட

$R_1 \times 1200 = 2400$

அல்லது, $R_1 = 2400 - 1200$

அல்லது, $R_1 = 1200$ கிராம் எடை

ஈர்ப்பு மையம் (Centre of gravity)

ஒரு பொருளின்மீது ஒத்த இணைவிசைகள் (like parallel forces) பல தொழிற்படுமானால் அவற்றின் தொகுபயனை எளிதில் கணக்கிட்டுவிடலாம். இத் தொகுபயன் மற்ற விசைகளின் திசையிலேயே இருக்கும். இது ஏதேனும் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் தொழிற்படும். இந்தப் புள்ளி இணைவிசைகளின் மையம் (Centre of parallel forces) எனப்படும்.

எந்த ஒரு பொருளையும் மிகப் பலவாகிய சிறுசிறு துகள்களின் சேர்க்கையே எனக் கருதலாம். ஒவ்வொரு துகளுக்கும் ஒரு பொருண்மை உண்டு. எனவே, பூமியானது அவற்றைத் தம் மையத்தை நோக்கி ஒரு குறிப்பிட்ட விசையுடன் ஈர்க்கும். இந்த விசையையே எடை என்கிறோம். எனவே, பொருளின் மீது பலவிசைகள் பூமியின் மையத்தை நோக்கித் தொழிற்படுகின்றன. பூமியின் ஆரம் ஏறத்தாழ 4000 மைல்கள் ஆனதால் பொருளின் மீதுள்ள இவ்விசைகளை இணை விசைகள் எனக் கருதலாம். எனவே, இந்த இணை விசைகளினது தொகுதியின் தொகுபயனைக் கணக்கிடலாம். இத் தொகுபயன் தொழிற்படும் புள்ளியாகிய இணை விசைகளின் மையமே பொருளின் ஈர்ப்பு மையம் (Centre of gravity) எனப்பெறும். எனவே, பொருளை எந்த நிலையில் வைத்தாலும் அதன் எடை தொழிற்படும் விசைக் கோடு (line of action) எப்போதும் இந்தப் புள்ளி வழியாகவே செல்லும். இப்புள்ளி பொருளின்மீதும் இருக்கலாம்; புறத்தும் இருக்கலாம்.

சில பொருள்களின் ஈர்ப்பு மையங்கள்

ஒழுங்கான உருவமுடைய, சீரான பொருள்களின் ஈர்ப்பு மையத்தை எளிதில் கணக்கிடலாம். சில பொருள்களின் ஈர்ப்பு மையங்கள் கீழ்க்கண்டவாறு இருக்கும் :

1. ஒரு சீரான கோலின் ஈர்ப்பு மையம் அதன் நடுப் புள்ளியாகும்.

2. ஒரு செவ்வகத் தகடு அல்லது இணைகரத் தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் அதன் மூலை விட்டங்கள் வெட்டுமிடம்.

3. முக்கோணத் தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் அதன் நடுக் கோடுகள் (medions) சந்திக்கும் புள்ளியாகும். அதாவது, எடை மையம் (centroid).

4. வட்டத்தின் ஈர்ப்பு மையம் அதன் மையமே.

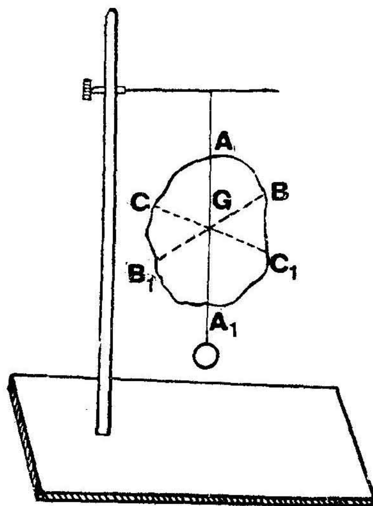
5. ஒரு கோளத்தின் (உள்ளீடற்ற கோளமாக இருந்தாலும்) ஈர்ப்பு மையம் அதன் மையம்தான்.

6. நேர் உருளையின் ஈர்ப்பு மையம் அதன் அச்சின் நடுப் புள்ளி.

சோதனை 3·2

ஒரு தகட்டின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் காண்பதற்கான சோதனை:

கொடுக்கப்பட்டுள்ள தகட்டின் விளிம்பை ஒட்டி *A*, *B*, *C* என்ற மூன்று சிறு துளைகளை இட வேண்டும். *A* துளையில் ஒரு



படம்-3.14

நூலைக்கட்டி தகட்டினை ஒரு தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிட வேண்டும். அதேபுள்ளி (*A*) யிலிருந்து ஒரு தூக்குக் குண்டினைத் (plumb-bob) தொங்க விட வேண்டும். தகட்டினை ஒரு புறம்

இழுத்து விட்டால் தகடு அலைவுற்று இறுதியில் அமைதிக்கு வரும். இந்த நிலையில் குண்டு நூலின் சுவட்டினை (AA_1) தகட்டின்மீது வரைந்து கொள்ளவேண்டும். தகடு சமநிலையில் இருக்கும்போது அதனுடைய எடை செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கி தொழிற்படும். இதற்குச் சமமான எதிர்விசை மேனோக்கி தொழிற்படும். தகடு A-ல் நூல் வழியாகத் தொங்க விடப்பட்டுள்ளதால் எதிர்விசை இந்நூலின் வழியே தொழிற்படுகிறது. தூக்குக் குண்டு Aலிருந்து செங்குத்தாகக் கீழே தொங்குவதால் தகட்டின் எடை இதன் கோட்டில் AA_1 வழியாகத் தொழிற்படவேண்டும். எனவே, தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் AA_1ல் ஏதோ ஓரிடத்தில் இருக்க வேண்டும்.

இப்போது, தகட்டினை B-ல்கட்டித் தொங்கவிட்டு, தூக்குக் குண்டினையும் B-லிருந்து தொங்கவிட்டு, குண்டு நூலின் சுவட்டை BB_1வரைய வேண்டும். தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் BB_1ல் இருக்க வேண்டும். என முன்போல் காண்பிக்கலாம். எனவே தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் AA_1 லும்BB_1லும் உள்ளதாலும், அது ஒரே ஒரு புள்ளிதான் ஆனதாலும் AA_1 BB_1 ஆகியவை வெட்டுமிடமே (G) தகட்டின் ஈர்ப்பு மையமாகும். தகட்டினை Cல் தொங்கவிட்டு குண்டு நூலின் சுவட்டினை (CC_1) வரைந்தால் CC_1 உம் G வழியாகப் போகக் காணலாம்.

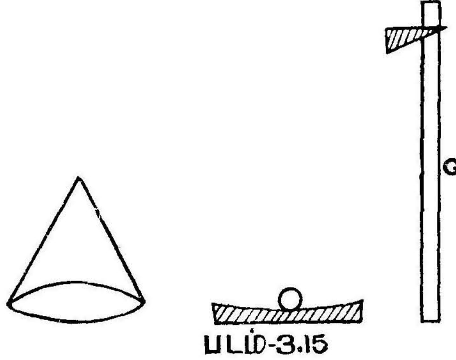
சமநிலைகள்

உயரே இருக்கும் பொருள் கீழே வர முயல்வது இயற்கை. எனவே, ஒரு பொருளை சற்று அசைக்கும் போது அதன் ஈர்ப்பு நிலை உயர்ந்த மட்டத்திற்குச் செல்லுமானால் அது பொருளையே உயர்ந்த இடத்திற்கு எடுத்துச் சென்றதற்கு ஒப்பாகும். எனவே, அது கீழே வர முயலும்; தன் பழைய இடத்திற்கு வரும். மாறாக, அதன் ஈர்ப்பு நிலை கீழே வந்தால் அது பழைய உயர்ந்த நிலைக்கு மீளாது. அவ்வாறே, அதன் ஈர்ப்பு மட்டம் மாறாதிருந்தால் அதே இடம்பெயர்ந்த நிலையில் இருக்கும். எனவே, பொருள்களின் சமநிலைகள் மூன்றெனத் தெரிகிறது. அவையாவன:

(1) உறுதிச் சமநிலை (Stable equilibrium)

ஒரு பொருளைச் சற்றே அசைத்து விட்டால் அது தன் பழைய நிலைக்கேத் திரும்பி வருமானால் அது உறுதிச் சமநிலையில் இருப்பதாகச் சொல்லப்படும்.

கவிழ்த்து வைக்கப்பட்டுள்ள கூம்பு, குழிவான ஒரு மேற் பரப்பின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பந்து, தன் ஈர்ப்பு மையத்திற்கு மேலுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து தொங்கவிடப்

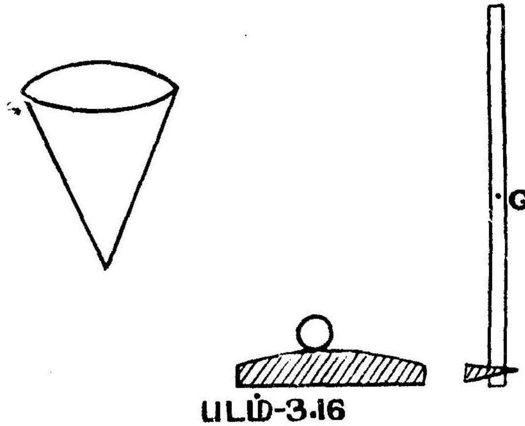


படம்-3.15

பட்டுள்ள ஒரு கம்பு (படம் 3·15) ஆகியவை உறுதிச் சமநிலைக் கான சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். இவற்றிலெல்லாம் பொருள் சிறிது அசைக்கப்பட்டால் அதன் ஈர்ப்பு நிலை மேலே உயரும். எனவே, பொருள் பழைய நிலைக்கே வரும்.

(2) உறுதியில்லாச் சமநிலை (Unstable equilibrium)

ஒரு பொருளைச் சற்றே அசைத்துவிட்டால் அது தன் பழைய



படம்-3.16

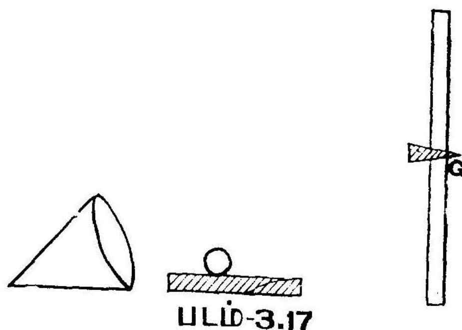
நிலைக்குத் திரும்பாமல் அசைத்த திசையிலேயே மேலும் சென்றால் அது உறுதியிலாச் சம நிலையில் இருப்பதாகச் சொல்லப்படும்.

தன் அடிக்காம்பில் நிற்கும் ஒரு கூம்பு, குவிந்த மேற்பரப்பின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பந்து, ஈர்ப்பு மையத்திற்குக் கீழுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்துத் தாங்கி வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கம்பு ஆகியவை உறுதியிலாச் சமநிலைக்கு சில எடுத்துக் காட்டுகள் ஆகும். இங்கெலாம், பொருளைச் சற்று அசைத்த உடன் அதன் ஈர்ப்பு நிலை, தாழ்மட்டத்திற்கு வருகிறது. எனவே, அது பழைய நிலைக்குத் திரும்பாமல் அசைத்த திசையிலேயே மேற்செல்லும்.

(3) நடுநிலைச் சமநிலை (Neutral equilibrium)

ஒரு பொருளை சற்றே அசைத்து விட்டால் அது அந்த நிலையிலேயே நிற்குமானால், அது நடுநிலைச் சமநிலையில் உள்ளது எனக் கூறப்படும்.

படுக்க வைக்கப்பட்டுள்ள கூம்பு, சமதளத்தில் வைக்கப் பெற்றுள்ள பந்து, ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து தொங்கவிடப்



படம்-3.17

பட்டுள்ள கோல் ஆகியவை நடுநிலைச் சமநிலைக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இங்கெலாம் பொருளைச் சற்று அசைத்து விடுவதால் அதன் ஈர்ப்பு நிலையின் மட்டம் மாறுவதில்லை. எனவே, அப்படியே இருக்கிறது.

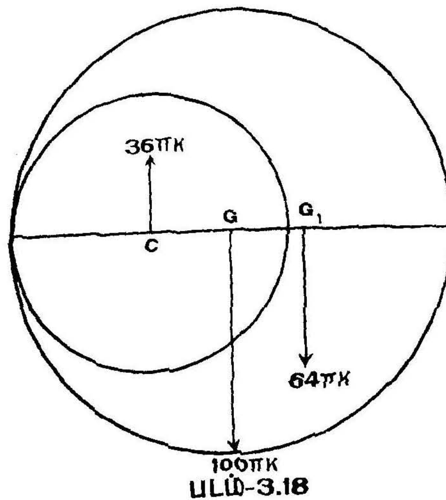
பொருள் அதன் சமநிலையில் நிலைத்து இருப்பதற்கான நிபந்தனைகள்

பொருளின் ஈர்ப்பு மையம் மேலே இருக்குமானால் அதனை இலேசாக அசைத்தாலும், அது கீழே விழுந்துவிட வாய்ப்புண்டு. அவ்வாறே அடிப்பரப்பு சிறிதாக இருக்குமானாலும் பொருள் நிலைத்து, சமநிலையில் இருக்கமுடியாது. எனவே, ஒரு பொருள் சமநிலையில் நிலைத்து இருப்பதற்கு (1) அதன் ஈர்ப்பு மையம் எவ்வளவு முடியுமோ அவ்வளவு தாழ்வாக இருக்க

வேண்டும். (2) ஈர்ப்பு மையத்தின் வழியே செல்லும் செங்குத்துக்கோடு பொருளின் அடிப்பரப்பிற்குள் விழவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) சீரான ஒரு வட்டக் தகட்டின் ஆரம் 10 செ.மீ. இதிலிருந்து 6 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு வட்டப் பகுதி வெட்டி



படம்-3.18

யெடுக்கப்படுகிறது. எடுக்கப்பட்ட பகுதியின் மையம் தகட்டின் மையத்திலிருந்து 2 செ.மீ. தூரத்திலிருக்குமானால் எஞ்சிய பகுதியின் ஈர்ப்பு மையம் எங்கே இருக்கும்?

தகடு சீரானதாகையால் அதன் எடையானது பரப்பளவிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். தகட்டிலிருந்து ஒரு பகுதி வெட்டியெடுக்கப்படுகிறது என்பதனை அதன் எடைக்குச் சமமான ஒரு விசை மேல்நோக்கி தொழிற்படுவதாகக் கொள்ளலாம்.

G என்பதனைத் தகட்டின் மையமாகவும், C என்பதனை வெட்டப்பட்ட பகுதியின் மையமாகவும், G_1 என்பதனை எஞ்சிய பகுதியின் மையமாகவும் கொள்வோம். $GG_1 = x$ எனக் கொள்வோம். அப்போது $CG_1 = (2+x)$.

$$\text{தகட்டின் எடை} = K.\pi\,10^2 \quad (K \text{ ஒரு மாறிலி})$$

$$= 100\pi K$$

வெட்டிய பகுதியின் எடை $= K.\pi \cdot 6^2$

$$=36\pi K.$$

∴ G_1ன் மீது சுழற்றுதிறன்களைக் கணக்கிட,

$$100\pi K \times x = 36\pi K(2+x)$$

அல்லது, $100x = 36(2+x)$

அல்லது, $100x = 72 + 36x$

அல்லது, $64x = 72$

அல்லது, $x = \frac{72}{64} = \frac{9}{8} = 1\frac{1}{8}$ செ.மீ. $= 1 \cdot 125$ செ.மீ.

எனவே, எஞ்சிய பகுதியின் ஈர்ப்பு மையம் CG ஐ நீட்டிய கோட்டில் Gலிருந்து 1·125 செ·மீ. தூரத்தில் Cக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும்.

(2) ஒரே பொருளால் ஆனதும் 6 அடி, 4 அடி ஆகிய நீளங்கள் உள்ளதுமான இரு உருளைகள் உள்ளன. இவற்றின் ஆரங்கள் முறையே 2 அடி, 1 அடி. இவற்றின் அச்சுகள் ஒன்றாக இருக்கும்படி ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ளன. இரண்டும் சேர்ந்ததின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கண்டுபிடி.

இரு உருளைகளிலும் ஒரே பொருள் பயன்படுத்தப்பெற்றுள்ளதால் அவற்றின் எடைகள், அவற்றின் கன அளவுகளுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே,

முதல் உருளையின் எடை $\Big\} = K.\pi.2^2.6$

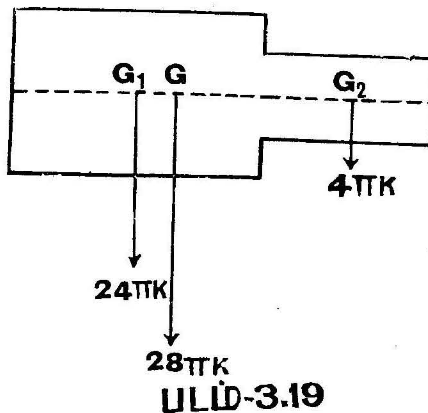
$$= 24\pi K.$$

இங்கே K ஒரு மாறிலி.

2–வது உருளையின் எடை $\Big\} = K \cdot \pi 1^2.4$

$$= 4\pi K.$$

மேலும், உருளைகளின் எடை அவற்றின் அச்சின் நடுப்



படம்-3.19

புள்ளிகளில் (G_1, G_2) தொழிற்படும். எனவே, இரண்டும் சேர்ந்ததின் ஈர்ப்பு மையம் G ஆனது G_1, G_2 கோட்டில் G_1, லிருந்து x தூரத்தில் இருக்குமானால், Gன் மீது சுழற்றுதிறன் களைக் கணக்கிட.

$$24\pi K \times G_1G = 4\pi K \times G_2G$$

அல்லது, $24\pi K \times x = 4\pi K(3+2-x)$

அல்லது, $24x = 4\ (5-x)$

அல்லது, $24x = 20-4x$

அல்லது, $28x = 20$

அல்லது, $x = \frac{20}{28} = \frac{5}{7}$ அடி.

தனி எந்திரங்கள் (Simple machines)

ஓரிடத்தில், வசதியான ஒரு திசையில் தொழிற்படுத்தும் ஒரு விசையினை நமக்குப் பயனுள்ள பிறிதோரிடத்தில், பயனுள்ள திசையில் மாற்றிக் கொடுக்கும் ஒரு சாதனமே தனி எந்திரம் எனப்படும். நீர் நிறைந்த வாளியினை கிணற்றிலிருந்து மேலே கொணர்வதற்கு நாம் மேனோக்கிய விசையினைத் தொழிற்படுத்த வேண்டும். ஆனால், கப்பியினைப் பயன்படுத்து

வதால் இதைக் காட்டிலும் வசதியான திசையில் கீழ்நோக்கி கயிற்றை இழுத்தால் போதும். எனவே, இந்தக் கப்பி ஒரு தனி எந்திரம் ஆகும்.

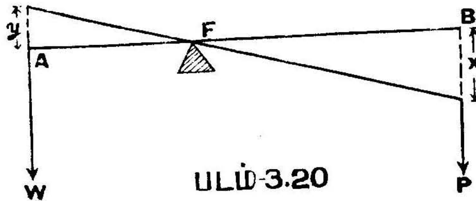
ஒரு தனி எந்திரத்தில் ஒரு விசையினை வெல்வதற்கு, அதாவது, ஒரு விசையினை எதிர்த்து வேலை செய்வதற்குப் பிறிதோரிடத்தில் வேறொரு விசையினைத் தொழிற்படுத்துகிறோம். எந்த விசையினை எதிர்த்து வேலை செய்கிறோமோ அதற்கு எடை (Weight) அல்லது தடை (Resistance) எனவும், எடையை எதிர்த்து வேலை செய்ய நாம் தொழிற்படுத்தும் விசைக்கு திறன் (Power) அல்லது முயற்சி (effort) எனவும் பெயர். சமநிலையில் எடைக்கும், திறனுக்கும் உள்ள விகிதமே எந்திர லாபம் (Mechanical advantage) எனப்படும். எனவே, W எடையை எதிர்த்து வேலை செய்ய P திறனைப் பயன்படுத்தினால்,

$$\text{எந்திர லாபம்} = \frac{\text{தடை}}{\text{திறன்}} = \frac{W}{P}$$

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் திறன் நகரும் தூரத்திற்கும் அதே நேரத்தில் எடை நகரும் தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதம் திசை வேக விகிதம் (Velocity ratio) எனப்படும். காட்டாக, திறன் x தூரம் நகரும்போது தடை y தூரம் நகர்ந்தால்,

$$\text{திசை வேக விகிதம்} = \frac{\text{திறன் நகரும் தூரம்}}{\text{தடை நகரும் தூரம்}} = \frac{x}{y}.$$

மிகச் சிறந்த, ஒரு இலட்சிய தனி எந்திரமானது நாம் எவ்வளவு வேலையைத் திறன் வாயிலாகச் செய்கிறோமோ அவ்வளவு வேலையை எடை வாயிலாக நமக்குத் திருப்பித்தரச் செய்யும். ஆனால் நடைமுறையில், எந்திரத்தின் நகரும் பகுதி



படம்-3.20

களுக்கு இடையேயுள்ள உராய்வு (friction) போன்றவற்றின் காரணமாக நாம் செய்யும் வேலை முழுதும் நமக்குத் திரும்பக் கிடைக்காது; ஒரு பகுதி வீணாகிவிடும். எனவே, ஒரு தனி எந்திரத்தில் கிடைக்கும் பயனுள்ள வேலைக்கும் நாம் அதன்

மீது செய்யும் மொத்த வேலைக்கும் உள்ள விகிதம் எந்திரத்தின் பயனுறு திறன் (efficiency) எனப்படும். எனவே, p திறன் ஆனது x தூரம் நகரும்போது w தடை ஆனது y தூரம் நகர்ந்தால் நாம் செய்யும் மொத்த வேலை $= p \times x$, எந்திரத்தில் திரும்பக் கிடைக்கும் வேலை $= w \times y$.

$$\text{எனவே, பயனுறு திறன்} = \frac{\text{பயனுள்ள வேலை}}{\text{செய்த மொத்த வேலை}} = \frac{w \times y}{p \times x}$$

$$= \frac{w/p}{x/y} = \frac{\text{எந்திர லாபம்.}}{\text{திசை வேக விகிதம்}}$$

எந்த ஒரு எந்திரமும் நாம் அதன்மீது செய்யும் வேலையைக் காட்டிலும் அதிகமான வேலையைத் திருப்பித் தராது. எனவே. எந்த ஒரு எந்திரத்திற்கும் மிக உயர்ந்தப் பயனுறு திறன் ஒன்றுதான். ஆனால், எந்திர லாபம் எப்படி வேண்டுமானாலும் இருக்கலாம். பெரிய எடையை சிறிய திறனைக் கொண்டு நகர்த்தும்போதும், உயர்ந்த எந்திர லாபம் கிட்டுகிறது. ஆனால், அதே நேரத்தில் திறன் நகர வேண்டிய தூரமானது எடை நகரும் தூரத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். எனவே. எடை நகரும் வேகம் திறன் நகரும் வேகத்தைக் காட்டிலும் குறைவாக இருக்கும். எனவே. எடையில் நாம் பெறும் லாபத்தை வேகத்தில் இழந்து விடுகிறோம்.

நெம்புகோல் (Lever)

இது ஒரு எளிய எந்திரம். இது வளையாததும், உறுதியானதும், ஒரு புள்ளியை ஆதார நிலையாகக் (Fulcrum) கொண்டு சுழலக்கூடியதுமான ஒரு சட்டம் அல்லது கழியாகும். எப்புள்ளியின்மீது நெம்புகோல் சுழற்றப்படுகிறதோ அந்தப் புள்ளி ஆதாரநிலை எனப்படும். நெம்புகோலில் நாம் தூக்கவேண்டிய எடை ஒரு புள்ளியில் தாங்கப்பட்டிருக்கும்; அதனைத் தூக்கப் பயன்படும் திறன் வேறொரு புள்ளியில் தொழிற்படுத்தப் பெறும். தடைக்கும் ஆதார நிலைக்கும் இடையே உள்ள பகுதி எடைபுயம் (Weight arm) எனவும், திறனுக்கும் ஆதார நிலைக்கும் இடையே உள்ள பகுதி திறன் புயம் (Power arm) எனவும் அழைக்கப்பெறும். எனவே, ஒரு நெம்புகோலில் திறனும் தடையும் சமநிலையில் இருக்கும்போது ஆதாரநிலையில் சுழற்று திறன்களைக் கணக்கிட (படம் 3.21),

$$W \times AF = P \times BF$$

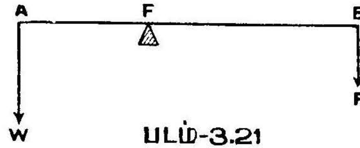
அல்லது, $$\frac{W}{P} = \frac{BF}{AF}$$

அல்லது, எந்திர லாபம் = $\frac{\text{திறன் புயம்}}{\text{எடை புயம்}}$.

தடை, திறன், ஆதாரநிலை ஆகிய இம்மூன்றும் உள்ள இடங்களைப் பொறுத்து நெம்புகோல்கள் மூவகையாகப் பிரிக்கப்படும். அவையாவன :

(1) முதல் வகை நெம்புகோல்

இதில் ஆதாரநிலை எடைக்கும் திறனுக்கும் இடையில் இருக்கும். எனவே, திறன், புயம், எடை புயத்தைவிட நீளமாகவோ, குறைவாகவோ அல்லது சமமாகவோ இருக்கலாம்.



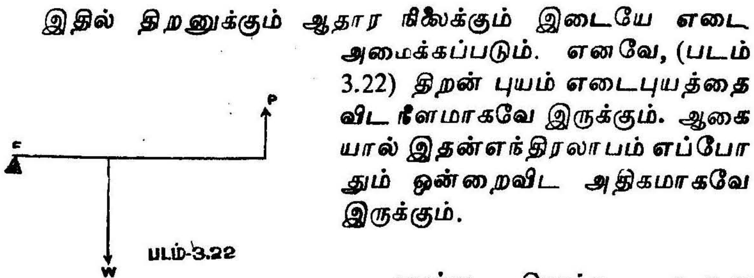
படம்-3.21

எனவே, இதில் எந்திர லாபம் ஒன்றுக்கு அதிகமாகவோ, குறைவாகவோ அல்லது ஒன்றாகவோ இருக்கும்.

ஆணிப்பிடுங்கி, தராசு, கத்தரிக்கோல் போன்றவை முதல் வகை நெம்புகோலுக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

(2) இரண்டாம் வகை நெம்புகோல்

இதில் திறனுக்கும் ஆதார நிலைக்கும் இடையே எடை அமைக்கப்படும். எனவே, (படம் 3.22) திறன் புயம் எடைபுயத்தை விட நீளமாகவே இருக்கும். ஆகையால் இதன்எந்திரலாபம் எப்போதும் ஒன்றைவிட அதிகமாகவே இருக்கும்.

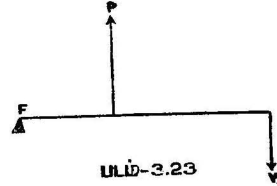


படம்-3.22

பாக்கு வெட்டி, கதவு போன்றவை இதற்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

(3) மூன்றும் வகை நெம்புகோல்

இதில் திறனானது தடைக்கும் ஆதாரநிலைக்கும் இடையில் அளிக்கப்படுகிறது. எனவே, திறன் புயம் தடைபுயத்தைவிட நீளம் குறைந்தே இருக்கும் (படம் 3·23). எனவே, இதன் எந்திர லாபம் எப்போதும் ஒன்றிற்குக் குறைவு.



படம்-3.23

சாமணம், மனிதனின் முன்கை ஆகியவை இதற்குச் சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

கப்பி (Pulley)

விளிம்பின்மீது ஒரு கயிறு செல்லக்கூடியவகையில் பள்ளம் வெட்டப்பட்டதும், அதன் மையத்தின் ஊடே செல்லும் ஒரு அச்சின்மீது தடையின்றி சுழலக்கூடியதுமான ஒரு சக்கரமே கப்பி எனப்படும்.

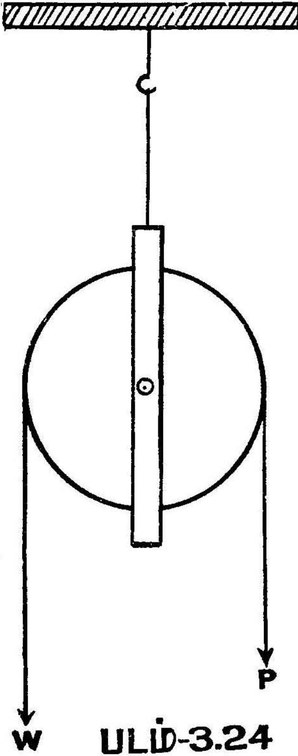
நிலைக்கப்பி (Fixed pulley)

ஒரு தனி கப்பியானது ஒரு சட்டத்தில் மேலும் கீழும் செல்லமுடியாத வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் விளிம்பின்மீது ஒரு கயிறு செலுத்தப்பட்டு அதன் ஒருமுனையில் எடையும் மறு முனையில் திறனும் அளிக்கப்படுகின்றன. (படம் 3·24). இந்த அமைப்பு நிலைக்கப்பி எனப்படும். இங்கு எடையும் திறனும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கவேண்டும் என்பதுத் தெளிவு. எனவே, இதன் எந்திரலாபம் ஒன்று. இதில் திசை லாபமே நமக்குக் கிட்டுகிறது. ஒரு திசையில் உள்ள எடையை நமக்கு வசதியான பிறிதொரு திசையில் திறனைச் செலுத்தித் தூக்கமுடிகிறது. கிணற்றில் நீர் எடுப்பது போன்ற செயல்களுக்கு இது பயன்படும்.

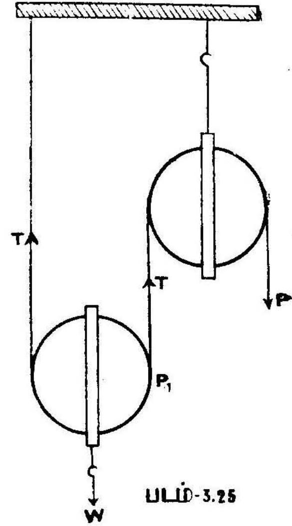
இயங்கு கப்பி

ஒரு நிலைக்கப்பியோடு மற்றொரு கப்பியை மேலும் கீழுமாக ஏறி இறங்குவதற்கு ஏற்றவகையில் இணைத்து எந்திர லாபத்தைக் கூட்டலாம். இவ்வாறு நகரக்கூடிய வகையில் அமைக்கும் கப்பி இயங்கு கப்பி. படம் 3.25–ல் ஒரு நகரும் கப்பி P_1 பயன்படுத்தப் பெற்றுள்ளது. கயிற்றின் ஒருமுனை நிலையான சட்டத்தில் கட்டப்பட்டுள்ளது. கயிறு இயங்கு கப்பியின் வழி

யாகச் செலுத்தப்பட்டு மற்றொரு முனையில் திறன் அளிக்கப்படுகிறது. வசதிக்காகவேண்டி கயிற்றின் மறுமுனை வேறொரு நிலைக்கப்பியின் ஊடு செலுத்தப்படுகிறது. எடை (W) ஆனது இயங்கு கப்பியில் தொங்கவிடப்படுகிறது. இயங்கு கப்பியின் எடை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறிதெனில் [எடை (W) யோடு



படம்-3.24



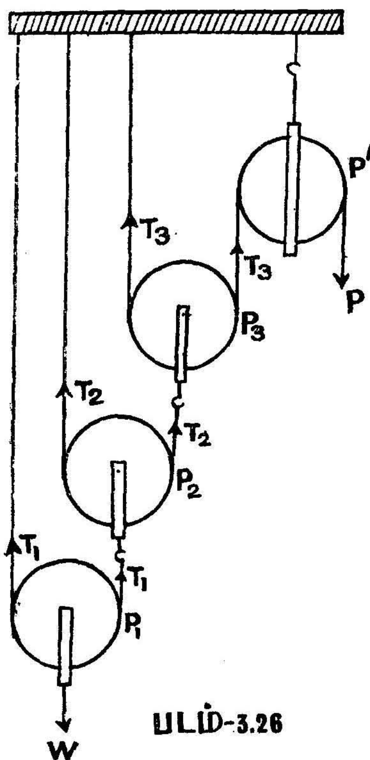
படம்-3.25

ஒப்புநோக்க] இந்த எடை W-ஐ கயிற்றின் இரு பகுதிகளிலும் உள்ள இழுவிசைகள் (Tensions) T, T தாங்குகின்றன. எனவே, $W=2T$. ஆனால் $T=P$ என்பது தெளிவு. எனவே, $W=2P$. அல்லது, $\frac{W}{P}=2$, அல்லது எந்திரலாபம் $= 2$.

கப்பித் தொகுதிகள்

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இயங்கு கப்பிகளைப் பயன்படுத்தி எந்திரலாபத்தை மேலும் அதிகரிக்கலாம். இயங்கு கப்பிகளைச் சேர்த்துத் தொகுப்பதற்கு மூன்று வழிகள் உள்ளன. ஆனால், முதல் இரு வகைகளை மட்டிலும் நாம் பார்ப்போம்.

முதல்வகை கப்பித் தொகுதியில் படம் 3·26-ல் காட்டியுள்ள வாறு ஒவ்வொரு இயங்கு கப்பியின்மீதும் தனித்தனி கயிறுகள் செல்லுகின்றன. ஒவ்வொரு கயிறும் ஒரு இயங்கு கப்பியின் மீது செலுத்தப்பட்டு ஒருமுனை நிலையான சட்டத்திலும் மறு



படம்-3.26

முனை அடுத்த கப்பியின் கொக்கியிலும் கட்டப்பட்டிருக்கும். எடை (W) ஆனது மிகத் தாழ்ந்துள்ள கப்பியில் தொங்கவிடப் பட்டிருக்கும். கடைசி இயங்கு கப்பியின் வழிவரும் கயிறு பிறி தொரு நிலைக்கப்பியின் ஊடு செலுத்தப் பெறுவதால் திறனை வசதியாகத் தொழிற்படுத்த முடிகிறது.

P_1 கப்பியின் வழி செல்லும் கயிறு எடையைத் தாங்குவ தால், இதிலுள்ள T_1, T_1 இழு விசைகள் W-ஐத் தாங்குகின்றன. எனவே $2T_1 = W$; அல்லது, $T_1 = \frac{W}{2}$ P_2 கப்பியின் வழி செல் லும் கயிற்றின் இழுவிசைகள் (T_2, T_2) T_1–ஐத் தாங்குகின்றன.

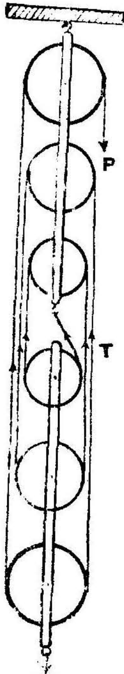
எனவே $2T_2 = T_1$; அல்லது $T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{W/_2}{2}\ \frac{W}{2\times 2}$ இதே போல், $T_3 = \frac{T_2}{2} = \frac{W}{2\times 2\times 2}$. ஆனால், $T_3 = P$. எனவே,

$P = \frac{W}{2\times 2\times 2} = \frac{W}{2^3}$. எனவே, எந்திரலாபம் $= \frac{W}{P} = 2^3 = 8$

இங்கு மூன்று இயங்கு கப்பிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம்; எந்திரலாபம் $= 2^3$. அவ்வாறே n இயங்கு கப்பிகளைப் பயன்படுத்தினால் எந்திரலாபம் $= 2^n$.

இரண்டாவது வகையில் இரண்டு இல்லது அதற்கு மேற்பட்ட (படம்-3·27ல் மூன்று கப்பிகள் காட்டப்பெற்றுள்ளது) கப்பிகள் ஒரு தொகுதியாக ஒரு கட்டத்தில் அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. இதில் கப்பிகள் ஒன்றன்கீழ் ஒன்றாகவோ அல்லது ஒன்றன் பக்கத்தில் ஒன்றாகவோ அமைக்கப்பட்டிருக்கும், (படத்தில் ஒன்றன்கீழ் ஒன்றாக உள்ளவை காட்டப்பெற்றுள்ளன). இதைப் போன்ற இரு தொகுதிகளைச் சேர்த்துப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஒரு தொகுதி நிலையான ஒரு சட்டத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. மறு தொகுதி எடையைத் தாங்கிக் கொண்டுள்ளது. நீளமான ஒரு கயிறு மேல் தொகுதியின் அடியிலிருந்து ஆரம்பித்து கீழ்த்தொகுதியில் ஒரு கப்பி, மேல் தொகுதியில் ஒரு கப்பி என எல்லாக் கப்பிகள் வழியும் செல்கின்றது. இதன் மறுமுனையில் திறன் அளிக்கப்படுகிறது. ஒரே கயிறு தொடர்ச்சியாகச் செல்வதால் அதன் பல பகுதிகளிலும் உள்ள இழுவிசைகள் ஒன்றே. இது Pக்குச்சமம். கயிற்றின் ஆறு பகுதிகள் எடையைத்தாங்குவதால் $W=6P$.

அல்லது: $\frac{W}{P} = 6$. அல்லது எந்திரலாபம் $= 6$. கயிற்றின் n பகுதிகள் எடையைத் தாங்கினால், எந்திரலாபம் $= n$.



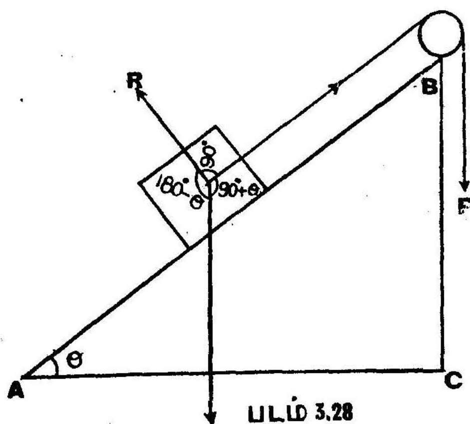
படம்-3.27

இந்த இரண்டாவது வகையின் எந்திரலாபம் முதல் வகையினுடையதைப்போல் அவ்வளவு பெரிதாக இல்லாவிடினும் இதுவே பயன்படுத்துவதற்குப் பெரிதும் உகந்தது.

சாய்தளம் (Inclined Plane)

கனமான ஒரு பொருளை மேலே உயர்த்துவதற்கு அதனைச் செங்குத்தாகத் தூக்கி வைப்பதைக்காட்டிலும் சாய்வான ஒரு தளத்தின்மீது உருட்டிச் செய்வது எளிதென்பது நமக்குத் தெரியும். கிடைத்தளத்திற்குச் சாய்வாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும் எந்த ஒரு சமதளமும் சாய்தளம் எனப்பெறும். ஆய்வுக் கூடத்தில் பயன்படுத்தப்பெறும் சாய்தளம் ஒரு உறுதியான வளையாத பலகையால் ஆனது. இது அடிப்புறத்தில் மற்றொரு பலகையுடன் கீல்களால் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதன் சாய்வை நமக்கு ஏற்ற அளவு சரிசெய்துகொள்ள ஒரு அமைப்பு இருக்கும். இதன் உச்சியில் ஒரு கப்பி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எனமே, மேலே உயர்த்தவேண்டிய பொருளை தளத்தின்மீது வைத்து ஒரு கயிற்றால் கட்டி அக்கயிற்றின் மறுமுனை கப்பியின் வழி செலுத்தப் பெற்றிருக்கும். திறன் இந்த மறுமுனையில் அளிக்கப்படும். மரப்பலகையின்மீது ஒரு கண்ணாடிப் பலகையினை வைப்பதால் உராய்வினைப் பெருமளவு குறைக்கலாம்.

பொருள் சாய்தளத்தின்மீது சமநிலையில் இருப்பதாககொள்வோம்.. உராய்வு விசையே இல்லை என்று கொள்வோமானால்



படம் 3.28

பொருளின்மீது கீழ்க்கண்ட விசைகள் தொழிற்படுகின்றன. (1) பொருளின் எடை L. இது செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி இருக்கும். (2) திறன் P. இது கயிற்றின் திசையில் அதாவது, சாய்தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். (3) தளத்தின் எதிர்வினை R.

இது தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். எனவே, பொருளை மூன்று விசைகள் சமநிலையில் வைத்துள்ளன. ஆகையால் லாமி தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தலாம். சாய்தளத்தின் கோணம் அதாவது சாய்தளத்திற்கும் கிடைத்தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணம் θ ஆனால் விசைகளுக்கிடையே உள்ள கோணங் கள் படத்தில் (படம் 3·28) குறிக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, லாமி தேற்றப்படி,

$$\frac{W}{Sin\ 90} = \frac{P}{Sin\ (180-\theta)} = \frac{R}{Sin\ (90+\theta)}$$

அல்லது, $\frac{W}{1} = \frac{P}{Sin\ \theta} = \frac{R}{Cos\ \theta}$

எனவே, $\frac{W}{P} = \frac{1}{Sin\ \theta} = \frac{AB}{BC}$

அல்லது: எந்திர லாபம் $= \frac{\text{சாய்தளத்தின் நீளம்}}{\text{சாய்தளத்தின் உயரம்}}$

எனவே, இதன் எந்திர லாபம் எப்போதும் ஒன்றைவிட அதிகம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரே கயிறு எல்லாக் கப்பிகளின் வழியேயும் செல்லும் ஒரு கப்பித்தொகுதியில் மொத்தம் 8 கப்பிகள் உள்ளன. இதைக்கொண்டு 100 கிலோகிராம் எடையை உயர்த்த என்ன திறன் தேவை?

8 கப்பிகள் உள்ளதாலும், இது இரண்டாம் வகையைச் சேர்ந்ததாலும் எந்திரலாபம் = 8. எனவே,

எந்திரலாபம் $= \frac{\text{எடை}}{\text{திறன்}}$

அல்லது, $8 = \frac{100}{\text{திறன்}}$

அல்லது திறன் $= \frac{100}{8} = 12{\cdot}5$ கிலோகிராம்.

(2) 500 கிலோகிராம் எடையுள்ள ஒரு பொருளை 1-ல் 25 எனும் ஒரு சாய்தளத்தின்மீது ஓய்வில் இருக்கச் செய்யத் தேவையான திறன் யாது?

தளத்தின் சாய்வு $\frac{1}{25}$ என்றால் $Sin\ \theta = \frac{1}{25}$

என்று பொருள். அதாவது, $\frac{\text{தளத்தின் உயரம்}}{\text{தளத்தின் நீளம்}} = \frac{1}{25}$

எனவே, எந்திரலாபம் $= \frac{\text{தளத்தின் நீளம்}}{\text{தளத்தின் உயரம்}} = 25.$

ஆனால், எந்திரலாபம் $= \frac{\text{எடை}}{\text{திறன்}}$ எனவே,

$$25 = \frac{500}{\text{திறன்}}$$

அல்லது, திறன் $= \frac{500}{25} = 20$ கிலோகிராம் எடை.

வினாக்கள்

1. தொகுபயன், சமனி ஆகியவற்றை வரையறு. ஒரு புள்ளியின் மீது 6 கிலோகிராம் எடை, 8 கிலோ கிராம் எடை ஆகிய இருவிசைகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணமான திசைகளில் தொழிற்படுகின்றன. அவற்றின் தொகுபயன் என்ன? அந்தப் புள்ளியைச் சமநிலையில் வைக்க என்ன விசையைத் தொழிற்படுத்த வேண்டும்?

2. விசைகளுக்கான இணைகர விதியைக் கூறி விளக்கு.

ஒரு புள்ளியின்மீது 4 பவுண்டு எடை, 5 பவுண்டு எடை உள்ள இரு விசைகள் தொழிற்படுகின்றன. இவை இரண்டுக்கும் இடையே உள்ள கோணம் 60° ஆனால் இவற்றின் தொகுபயனை வரைமுறையாலோ அல்லது வேறு வகையாலோ கணக்கிடு.

3. விசைகளுக்கான முக்கோண விதியையும் லாமிதேற்றத்தையும் கூறி விளக்கு.

P, Q, R என்ற மூன்று விசைகள் ஒரே தளத்தில் ஒரு புள்ளியின் மீது தொழிற்பட்டு சமநிலையில் உள்ளன. $R = 4$ பவுண்டு எடையாகவும், Q, R. ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம் 110° ஆகவும், P, R ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம் 120° ஆகவும் இருந்தால் P, Q ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு.

4) 150° கோணத்தில் ஒரு புள்ளியில் தொழிற்படும் இரு விசைகளின் தொகுபயன் அவற்றுள் சிறிய விசைக்கு செங்குத்தாக உள்ளது. பெரிய விசை 30 கிராம் எடையானுல் சிறிய விசையினையும், தொகுபயனையும் கணக்கிடு.

5) ஒரு சுவரில் கிடையான ஒரு நேர்கோட்டின்மீது A, B என்ற இரு கொக்கிகள் உள்ளன. AC, BC என்பவை முறையே 30 செ. மீ., 40 செ. மீ. நீளமுடைய இரு கயிறுகள். இவை C-ல் 1 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு பொருளைத் தாங்குகின்றன. AB ஆனது 50 செ. மீ. ஆனுல், கயிறுகளில் உள்ள இழுவிசைகளைக் கணக்கிடு.

6) 10 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருள் ஒரு வில் தராசில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அது கிடையாக உள்ள ஒரு நூலினுல் ஒரு பக்கமாக இழுக்கப்படுகிறது. இதனுல் வில் தராசு செங்குத்துக் கோட்டிற்கு 60° சாய்ந்துள்ளது. வில் தராசு இப்போது என்ன எடை காட்டும்?

7) 100 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு பொருள் 20 அடி நீளமுள்ள ஒரு கயிற்றினுல் செங்குத்தாகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இப்போது, கிடையாகவுள்ள ஒரு கயிற்றினுல் இந்த எடை செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து ஒரு அடி இழுக்கப்படுகிறது. எடை சமநிலையில் இருக்குமானுல் கிடை விசையைக் கணக்கிடு.

8) ஒரு விசையின் சுழற்று திறன் என்பதனை வரையறு.

ஒரு பொருளின்மீது ஒருதள இணை விசைகள் தொழிற்படும்போது, அது சமநிலையில் இருப்பதற்கான நிபந்தனைகளைக் கூறி விளக்கு.

1 மீட்டர் நீளமும் 100 கிராம் எடையும் உள்ள ஒரு சீரான கோல் மேசையின் மீது 20 செ.மீ. நீட்டிக் கொண்டிருக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது குடை சாயாமல் எவ்வளவு அதிகமான எடையை நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் முனையின்மீது வைக்கலாம்?

9) சுழற்று திறன்களின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி (அ) ஒரு சீரான கோல், (ஆ) ஒரு பொருள் ஆகியவற்றின் எடைகளைக் காண்பதற்கான சோதனைகளை விவரி.

ஒரு மீட்டர் கோலின் ஒரு முனையில் 15 கிராம் எடையைத் தொங்கவிடுகையில் அது தன் மையத்திலிருந்து 6 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் தொங்கவிடப்பட்டால் சமநிலையில் இருக்கிறது. மீட்டர் கோலின் எடை என்ன?

(10) *ABCD* எனும் 16 அடி நீளமும் 200 பவுண்டு பொருண்மையும் உள்ள ஒரு சீரான பலகை 8 அடி இடைவெளியில் உள்ள *B*, *C* எனும் இரு கத்தி முனைகளின்மீது வைக்கப்பட்டுளது. *D* முனையில் 75 பவுண்டு எடை ஒன்று தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. ஒரு மனிதன் *A* யிலிருந்து *D* வரை பலகை குடை சாயாமல் நடக்கமுடியுமென்றால் அவனுடைய மிக அதிகமான எடை என்ன?

(11) ஒரு மனிதனும் பையனும் 6அடி நீளமும் 24 பவுண்டு பொருண்மையும் உள்ள ஒரு கோலினை ஆளுக்கு ஒரு முனையிலாகத்தாங்கி எடுத்துச் செல்கிறார்கள். இந்தக் கோலில் எந்த இடத்தில் $1\frac{1}{2}$அந்தர் எடையைத் தொங்கவிட்டால் பையன் தாங்குவதைப்போல் இருமடங்கு எடையை மனிதன் தாங்குவான்?

(12) 150 பவுண்டு எடையும் 5 அடி நீளமும் உள்ள ஒரு சீரான கோல் 20 அடி இடைவெளியில் உள்ள இரு சுவர்களின் மீது கிடையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. கோலானது ஒரு சுவரிலிருந்து 8 அடி நீட்டிக் கொண்டுள்ளது; ஒவ்வொரு முனையிலும் 50 பவுண்டு எடைகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சுவரின்மீதும் உள்ள அழுக்கங்களைக் கணக்கிடு.

(13) 100 கிராம் எடையுள்ள ஒரு மீட்டர் அளவுகோலில் 10 வது செ. மீ-ல் ஒரு 50 கிராம் எடையும், 20 வது செ. மீ-ல் ஒரு 60 கிராம் எடையும், 75 வது செ.மீ.ல் ஒரு 75 கிராம் எடையும் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. அளவுகோல் எந்தப் புள்ளியின்மீது சமநிலையில் இருக்கும் எனக்கண்டுபிடி.

14) ஒன்றுக்கொன்று 15 செ.மீ. இடைவெளியில் ஒரு நேர்கோட்டின்மீது அமைக்கப்பெற்றுள்ள 20, 30, 40, 50, 60 கிராம் எடைகளின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கணக்கிடு.

15) 20 செ. மீ. ஆரமுடைய ஒரு சீரான வட்டத்தகட்டில் 5 செ.மீ. விட்டமுடைய ஒரு துளை வெட்டப்பட்டுள்ளது. இத்துளையின் மையம் தகட்டின் மையத்திலிருந்து 2 செ. மீ.

தூரத்தில் இருக்குமானால் எஞ்சிய பகுதியின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கணக்கிடு.

16) ஒரே பொருளினால் செய்யப்பட்ட இரு கோளங்களின் ஆரங்கள் முறையே 6 செ.மீ., 4 செ.மீ. இவை ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்குமானால் இரண்டும் சேர்ந்தத் தொகுதியின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கண்டுபிடி.

17) ஒரு தனி எந்திரத்தின் 'எந்திரலாபம்; 'நேர் வேக விகிதம்'; 'பயனுறுதிறன்' ஆகியவற்றை வரையறு. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பினைக் காண்.

18) மூவகை நெம்புகோல்களையும் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விவரி. ஒவ்வொன்றின் பயனையும் கூறு.

19) நிலைக்கப்பியின் பயன் யாது?

முதல், இரண்டாம் வகைக் கப்பித் தொகுதிகளை விவரி. அவற்றின் எந்திர லாபங்களைக் கணக்கிடு.

20) சாய்தளத்தை விவரித்து அதன் எந்திரலாபத்தைக் கணக்கிடு.

(21) ஒரு தனி எந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 75% எடை நகரும் ஒவ்வொரு அடிக்கும் திறன் 10 அடி நகர்கின்றது. திறன் 50 பவுண்டு எடையானால் எடையைக் கண்டுபிடி.

(22) முதல்வகை கப்பித் தொகுதியில் நான்கு இயங்கு கப்பிகள் உள்ளன. இதைக்கொண்டு 256 பவுண்டு எடையைத் தூக்க என்ன திறனைப் பயன்படுத்த வேண்டும்?

(23) ஒற்றைக் கயிற்றினைப் பயன்படுத்தும் கப்பித் தொகுதியில் மொத்தம் 6 கப்பிகள் உள்ளன. 50 கிலோகிராம் திறனைப் பயன்படுத்தி இக்கப்பித் தொகுதியைக் கொண்டு எவ்வளவு எடையை உயர்த்தலாம்?

(24) 3 அடி உயரமும் 5 அடி நீளமும் உடைய ஒரு சாய்தளத்தின்மீது 20 பவுண்டு எடை ஒன்றை சமநிலையில் வைக்கத் தேவையான திறன் யாது? சாய்தளத்தின்மீதுள்ள எதிர்வினையையும் கண்டுபிடி.

(25) 10 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு உருளை கிடைத்தளத்திற்கு 30° சாய்ந்துள்ள ஒரு தளத்தின்மீது உள்ளது. இதனைச் சமநிலையில் வைக்க என்ன திறன் தேவை ?

(26) பொருள்களின் மூவகைச் சமநிலைகள் யாவை ? அவற்றைத் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக. ஒரு பொருள் தன் சமநிலையில் நிலைத்து இருப்பதற்கான நிபந்தனைகளைக்கூறி விளக்குக.

30° கோணமுடைய ஒரு சாய்தளத்தின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ள 6 செ.மீ. விட்டமுடைய ஒரு சீரான உருளை குடை சாயாமல் இருக்கின்றதென்றால் அதனுடைய மிக அதிகமான உயரமென்ன ?

4. நீர் நிலையியல்

(Hydrostatics)

பருப் பொருள்கள் திட, திரவ, வாயு நிலை என மூவகை நிலைகளில் மன்னியுள்ளன என்பது நமக்குத் தெரியும். திடப் பொருள் என்பது அதற்கென ஒரு உருவமும் அளவும் உடையன. அதன் உருவத்தையோ அல்லது அளவையோ எளிதில் மாற்ற முடியாது. திரவப் பொருளிற்குக் குறிப்பிட்ட அளவுண்டு. ஆனால் உருவம் இல்லை. எந்த ஒரு பாத்திரத்தில் அதை எடுத்துக் கொள்கிறோமோ அதன் உருவத்தையே இதுவும் பெறும். வாயுப் பொருள்களுக்கு உருவம் இல்லை; குறிப்பிட்ட அளவும் இல்லை. திரவத்தை அழுத்தினால் அது எதிர்க்கும். ஆனால் வாயுப் பொருள்களை எளிதில் அமுக்கலாம். திரவங்களுக்கு ஒரு கட்டில்லாத மேற்பரப்பு உண்டு; வாயுக்களுக்கு இது இல்லை. திரவமும் வாயுவும் பாயும் தன்மை உடையனவாகலின் இவை பாய் பொருள்கள் (fluids) எனப்படும். இப்பாய்பொருள்களின் மீது விசைகள் தொழிற்பட்டு சமநிலையில் இருப்பதைப்பற்றிப் பார்ப்பதே நீர் நிலையியல் ஆகும்.

அடர்த்தியும் ஒப்பு அடர்த்தியும்

ஒரு பொருளின் பொருண்மைக்கும் கன அளவிற்கும் இடையே உள்ள விகிதமே அதன் அடர்த்தி ஆகும்.

எனவே, m பொருண்மை உடைய ஒரு பொருளின் கன அளவு v ஆனால் அதன் அடர்த்தி,

$$d = \frac{m}{v}$$

அடர்த்தியின் அலகுகள் செ.கி.வி. முறையில் கிராம்/ கன செ.மீ. என்பதும், அ.ப.வி. முறையில் பவுண்டு/ கன அடி என்பதும் தெளிவு.

நீரின் அடர்த்தி 1 கிராம்/கன செ.மீ. அல்லது 62.5 பவுண்டு கன அடி என்பதை நினைவில் கொள்வது நலம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட கன அளவுள்ள ஒரு பொருளின் பொருண்மைக்கும் அதே கன அளவுள்ள நீரின் பொருண்மைக்கும் உள்ள விகிதமே அப் பொருளின் அடர்த்தி எண் (specific gravity) எனப்படும்.

எனவே,

அடர்த்தி எண்

$$= \frac{\text{ஒரு குறிப்பிட்ட கன அளவு பொருளின் பொருண்மை}}{\text{அதே கன அளவு நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{\text{ஒரு கன செ.மீ. பொருளின் பொருண்மை}}{\text{ஒரு கன செ.மீ. நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{\text{பொருளின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$$

எனவே, ஒரு பொருளின் அடர்த்தி எண்ணை, அதன் அடர்த்திக்கும் நீரின் அடர்த்திக்கும் உள்ள விகிதம் எனவும் கூறலாம். இதனால் அடர்த்தி எண்ணை, ஒப்பு அடர்த்தி (Relative density) எனக்கூறுவது வழக்கம். நீரின் அடர்த்தி செ.கி.வி. முறையில் ஒன்று ஆதலின், இங்கே அடர்த்தி எண் அதன் அடர்த்திக்குச் சமம்.

ஒப்பு அடர்த்தியானது இரு பொருண்மைகளின் அல்லது அடர்த்திகளின் விகிதம் ஆனதால், இது ஒரு எண்ணே. இதற்கு அலகுகள் இல்லை.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) இரும்பின் ஒப்பு அடர்த்தி 7.8 ஆனால் அதன் அடர்த்தியை செ.கி.வி. முறையிலும் அ.ப.வி. முறையிலும் கணக்கிடு.

$$\text{ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$$

எனவே, பொருளின் அடர்த்தி = ஒப்பு அடர்த்தி × நீரின் அடர்த்தி

$= 7.8 \times 1$ கிராம் / கன செ.மீ.

$= 7.8$ கிராம் / கன செ.மீ

அவ்வாறே, பொருளின் அடர்த்தி $= 7.8 \times 62.5$ பவுண்டு/கன அடி

$= 487.5$ பவுண்டு /கன அடி

(2) ஒரு தக்கையின் பொருண்மை 10கிராம். அதன் அடர்த்தி 0.25 கிராம்/கன செ.மீ. ஆனல் அதன் கன அளவு என்ன ?

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\text{பொருண்மை}}{\text{கன அளவு}}$$

$$\text{அல்லது, கன அளவு} = \frac{\text{பொருண்மை}}{\text{அடர்த்தி}}$$

$$= \frac{10}{0.25} = 40 \text{ கன செ.மீ.}$$

(3) ஒரு 2.5 கிராம்/கன செ.மீ. அடர்த்தி உள்ள 125 கிராம் மணல் 135 கிராம் பொருண்மையுள்ள உருக்கிய மெழுகோடு கலந்து ஒரு உருண்டையாக்கப்பட்டுள்ளது. மெழுகின் அடர்த்தி 0.9 கிராம்/கன செ.மீ. ஆனல் இந்த உருண்டையின் அடர்த்தி என்ன?

$$\text{மணலின் கன அளவு} = \frac{\text{பொருண்மை}}{\text{அடர்த்தி}}$$

$$= \frac{125}{2.5} = 50 \text{ கன செ.மீ.}$$

$$\text{மெழுகின் கன அளவு} = \frac{135}{0.9} = 150 \text{ கன செ.மீ.}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{எனவே, உருண்டை-}\\\text{யின் கன அளவு}\end{array}\right\} = 50 + 150 = 200 \text{ கன செ.மீ.}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{உருண்டையின்}\\\text{பொருண்மை}\end{array}\right\} = 125 + 135 = 260 \text{ கிராம்}$$

$$\begin{array}{l}\text{எனவே, உருண்டை-}\\\text{யின் அடர்த்தி}\end{array} = \frac{260}{200} = 1.3 \text{ கிராம் / கன செ.மீ.}$$

அடர்த்திக் குப்பி (Specific gravity bottle)

அடர்த்திக் குப்பி என்பது மெல்லிய சுவரினையும், பம்பர வடிவையும், நீண்ட, குறுகிய கழுத்தையும் உடைய ஒரு குப்பி

யாகும். இக்குப்பியானது தேய்த்த கண்ணுடியாலுல் ஆன மூடியை உடையது. இந்த மூடியினூடு ஒரு மெல்லிய துளை இருக்கிறது. இதனுடைய கொள்ளளவு தரப்படுத்தப் பட்டு இதன் மீதே குறிக்கப்பட்டிருக்கும். நம்முடைய வேலைகளுக்குப் பெரும்பாலும் இதன் கொள்ளளவு தெரிந்திருக்க வேண்டுவதில்லை. அடர்த்திக் குப்பியினைப் பயன்படுத்தி திரவங்கள், சிறு துண்டு துணுக்குகளாக உள்ள திடப்பொருள்கள் ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகளைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம் 4.1

சோதனை 4·1

(அ) அடர்த்திக் குப்பியைக் கொண்டு ஒரு திரவப் பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

நன்ருக உலர்ந்துள்ள, ஒரு தூய அடர்த்திக் குப்பியை எடுத்துக்கொண்டு அதன் பொருண்மை (w_1) யைக் கண்டு பிடிக்கவேண்டும். அதனை நீரால் நிரப்பி மூடியினை வைத்து மூடவேண்டும். இப்போது மூடியின் ஊடு உள்ள துளையின் வழியே அதிகப்படியாக உள்ள நீர் வழியும். இதனைத் துடைத்து விட்டு மீண்டும் நீருடன் குப்பியின் பொருண்மை (w_2) யைக் காணவேண்டும். பின்னர், நீரை வெளியே கொட்டிவிட்டு, எந்தத் திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணவேண்டுமோ அதனுல் இலேசாக அலசிக் கழுவியபின் முன்போல் திரவத்தால் நிரப்பி பொருண்மை (w_3) யைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். நீராலோ, அல்லது திரவத்தாலோ நிரப்பும்பொழுது உள்ளே காற்றுக் குமிழ்கள் இல்லாதவாறு பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். ஆய்வின்போது குப்பியினை அதன் கழுத்தைப் பிடித்தே எடுக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் உடல் வெப்பத்தால் சிறிதளவு திரவம் வெளியேற ஏதுவாகும்.

இப்போது,

குப்பி நிறைய உள்ள நீரின் பொருண்மை $= w_2 - w_1$ கிராம்.
குப்பி நிறைய உள்ள திரவத்தின் பொருண்மை $= w_3 - w_1$ கிராம்.

திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி

$$= \frac{\text{குறிப்பிட்ட கன அளவு திரவத்தின் பொருண்மை}}{\text{அதே அளவு நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{\text{குப்பி நிறைய உள்ள திரவத்தின் பொருண்மை}}{\text{குப்பி நிறைய உள்ள நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_1}$$

(ஆ) நீரில் கரையாத ஒரு திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

நன்கு உலர்ந்த, தூய்மையான ஒரு அடர்த்திக் குப்பியினை எடுத்துக்கொண்டு அதன் பொருண்மையைக் (w_1) காணவேண்டும். நாம் ஒப்பு அடர்த்தி காணவேண்டிய பொருளை, தூளாகவோ அல்லது குப்பிக்குள் செல்லக்கூடிய சிறு துணுக்குகளாகவோ சிறிதளவினை குப்பியில் எடுத்துக்கொண்டு பொருண்மையினைக் (w_2) காணவேண்டும். பின்னர் குப்பியில் பொருள் அடைத்ததுபோக எஞ்சிய பகுதியை நீரால் நிரப்ப வேண்டும். மூடியை வைத்து மூடுகையில் வழியும் நீரைத் துடைத்து விடவேண்டும். குப்பியினுள் காற்றுக் குமிழ்கள் இல்லாதவாறு பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். இப்போது குப்பியின் பொருண்மையை (w_3) மீண்டும் காணவேண்டும். பிறகு, குப்பியைக் காலி செய்துவிட்டு அது முழுவதையும் முன்போல் நீரால் நிரப்பி அதன் பொருண்மையைக் (w_4) காண வேண்டும்.

குப்பியில் எடுத்துக்கொண்ட திடப் பொருளின் பொருண்மை $= w_2 - w_1$ கிராம்

குப்பியில் பொருள் அடைத்துக் கொண்டது போக எஞ்சிய பகுதியில் உள்ள நீரின் பொருண்மை $= w_3 - w_2$ கிராம்

குப்பி முழுதும் நிரம்பியுள்ள நீரின் பொருண்மை $= w_4 - w_1$ கிராம்

எனவே, திடப்பொருளின் கன அளவிற்குச் சமமான நீரின் பொருண்மை $= (w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)$

$$\left.\begin{array}{l}\text{திடப் பொருளின்}\\ \text{ஒப்பு அடர்த்தி}\end{array}\right\} = \frac{\text{திடப்பொருளின் பொருண்மை}}{\text{அதற்குச் சமமான கன அளவு உடைய நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)}$$

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு அடர்த்திக்குப்பி 50 கிராம் எடையுள்ளது. இதனை நீரால் நிரப்பும்போது 100 கிராமும், வேறொரு திரவத்தால் நிரப்பும்போது 90 கிராமும் உள்ளது. திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் கண்டுபிடி.

அடர்த்திக் குப்பியின் பொருண்மை = 50 கிராம்

முழுதும் நீரால் நிரப்பியுள்ளபோது குப்பியின் பொருண்மை = 100 கிராம். எனவே

குப்பியை நிரப்பும் நீரின் பொருண்மை = 100 − 50

= 50 கிராம்,

முழுதும் திரவத்தால் நிரப்பியுள்ள போது குப்பியின் பொருண்மை = 90 கிராம். எனவே,

குப்பியை நிரப்பும் திரவத்தின் பொருண்மை = 90 − 50

= 40 கிராம்

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{குப்பியை நிரப்பும் திரவத்தின் பொருண்மை}}{\text{குப்பியை நிரப்பும் நீரின் பொருண்மை}}$$

$$= \frac{40}{50} = 0{\cdot}8$$

(2) நீரால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு அடர்த்திக் குப்பியின் பொருண்மை 42·32 கிராம். 7·63 கிராம் மணலை உட்செலுத்தும்போது இதன் எடை 46·90 கிராம் ஆகிறது. மணலின் ஒப்பு அடர்த்தி என்ன?

மணலின் பொருண்மை = 7·63 கிராம்

நீர், மணல் ஆகியவற்றால் நிரப்பிய குப்பியின் பொருண்மை = 46·90 கிராம்

மணல் போக எஞ்சிய பகுதியிலுள்ள நீர்+குப்பியின் பொருண்மை $= 46{\cdot}90 - 7{\cdot}63$

$= 39{\cdot}27$ கிராம்

முழுதும் நீருள்ளபோது குப்பியின் பொருண்மை $= 42{\cdot}32$ கிராம்

எனவே, மணலுக்குச் சமமான கன அளவுள்ள நீரின் பொருண்மை $= 42{\cdot}32 - 39{\cdot}27$

$= 3{\cdot}05$ கிராம்

மணலின் ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{7{\cdot}63}{3{\cdot}05}$

$= 2.501$

இறுக்கு விசையும் அமுக்கமும்

ஒய்வு நிலையிலுள்ள எந்த ஒரு பாய்பொருளும் (திரவம் அல்லது வாயுப் பொருள்) அது தொட்டுக் கொண்டுள்ள மேற் பரப்பின்மீது அதற்குச் செங்குத்தான திசையில்தான் ஒரு விசையைத் தொழிற்படுத்தும். இது பாய்பொருள்களின் அடிப்படை பண்பாகும். இவ்வாறு, தான் தொட்டுக்கொண் டுள்ள ஓர் மேற்பரப்பின்மீது செங்குத்தான திசையில் ஒரு பாய் பொருள் தொழிற்படுத்தும் விசை பாய் பொருளின் இறுக்கு விசை (Thrust) எனப்படும்.

ஒரு பாத்திரத்தில் ஒரு திரவத்தை எடுத்துக் கொண்டால் அதன் எடை முழுதும் அப்பாத்திரத்தின் அடிப்பரப்பின் மீது செங்குத்தாகத் தொழிற்படும் என்பது நாமறிந்ததே. எனவே, அந்த அடிப்பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசையானது பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் எடைக்குச் சமம் என்பதுத் தெளிவு. இறுக்கு விசையும் ஒரு விசையே ஆகையால் அதனை விசைக் குரிய அலகுகளாலேயே அளக்கலாம். ஒரு மேற்பரப்பின்மீது சம பரப்பளவுகளின்மீதுள்ள இறுக்கு விசைகள் சமமாக இருக்குமானல் அம்முழு பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசை, சீரானது எனக் கருதப்பெறும்.

ஒரு மேற்பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசையானது சீராக இருக் கும்போது அதன் ஒரு அலகு பரப்பின்மீது தொழிற்படும் இறுக்கு விசை அமுக்கம் (Pressure) எனப்படும்.

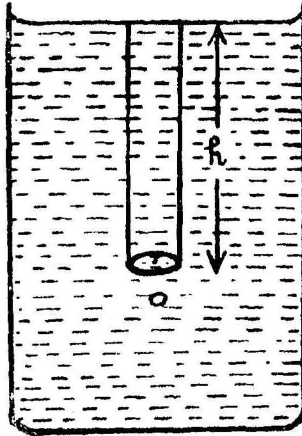
எனவே A மேற்பரப்பின்மீது T இறுக்கு விசை தொழிற்பட்டால்,

அமுக்கம் $P = \frac{T}{A}$ எனவே, அமுக்கத்திற்கான அலகுகளாவன: டைன் / சதுர செ.மீ., கிராம் எடை / சதுர செ.மீ., பவுண்டல்/சதுர அடி, பவுண்டு எடை/சதுர அடி.

ஒரு மேற்பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசை சீரானதாக இல்லாவிடின் அதன்மீதுள்ள அமுக்கங்கள் வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறாக இருக்கும். அப்போது, எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அமுக்கத்தைக் காணவேண்டின், அதைச் சுற்றி ஒரு சிறு பரப்பினை எடுத்துக்கொண்டு (இச்சிறு பரப்பில் இறுக்கு விசை சீரானதெனக் கொள்ளலாம்) அதன்மீதுள்ள இறுக்கு விசையை அப்பரப்பால் வகுக்க வேண்டும்.

ஓய்வு நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் அமுக்கம்

ஓய்வு நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தின் அடர்த்தி 'd' எனக் கொள்வோம். இதன் கட்டற்ற மேற்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் உள்ள. o என்ற ஒரு புள்ளியை எடுத்துக்கொள்வோம்.



படம் 4.2

இப்புள்ளியைச் சுற்றி a பரப்பளவுள்ள ஒரு சிறு பரப்பினை கிடையாக எடுத்துக்கொண்டு அதன்மீது செங்குத்தாக ஒரு

உருளையினை அமைப்போம். இந்த a பரப்பளவானது மிகச் சிறியதானதாகையால் இதன்மீதுள்ள இறுக்குவிசை சீரானதெனக்கொள்ளலாம். மேலும் இது, இதன்மீதுள்ள உருளையில் இருக்கும் திரவத்தின் எடைக்குச் சமம் என்பதுத்தெளிவு. எனவே,

உருளையின் கன அளவு $= ah$.

உருளையிலுள்ள நீரின் பொருண்மை $= ah.d$.

உருளையிலுள்ள நீரின் எடை $= ah.dg$.

இதுதான் a பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசை எனக் கூறினோம்.

ஆகையால், o-ல் அமுக்கம் $P = \frac{\text{இறுக்கு விசை}}{\text{பரப்பளவு}}$

அல்லது, $P = \frac{ahdg}{a}$

அல்லது, $P = hdg$.

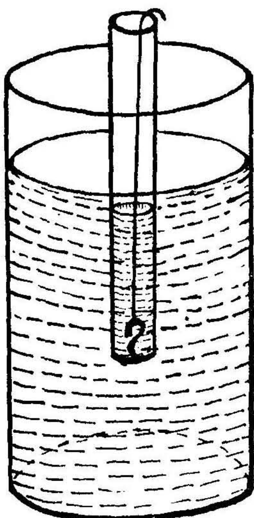
இது திரவத்தினால் மட்டும் O-ல் உள்ள அமுக்கமாகும். ஆனால் திரவத்திற்கு மேலே உள்ள காற்றும் அமுக்குமாதலான், O-ல் மொத்த அமுக்கம் $= \pi + hdg$. இங்கே, π என்பது காற்றின் அமுக்கம்.

O-ன்மீதுத் தொழிற்படும் கீழ்நோக்கிய அமுக்கத்தையே மேலே கண்டுபிடித்தோம். ஆனால், திரவம் ஓய்வு நிலையிலுள்ளதால் O-ல் இதனை எதிர்த்து இதற்குச் சமமான மேனோக்கிய அமுக்கம் இருக்கவேண்டும் என்பதுத் தெளிவாகின்றது. மேலும், நீரால் நிரப்பிய ஒரு பந்தின்மீது பலவிடங்களிலும் குண்டூசியால் துளைகள் இட்டு பந்தினை அமுக்க, எல்லாப் புறங்களிலிருந்தும் நீர் பீறிட்டு வெளிவரக் காணுகிறோம். எனவே, எல்லாத் திசைகளிலும் அமுக்கம் உள்ளது என்பது தெரிகிறது. ஆகவே, திரவத்தின் உள்ளே உள்ள எந்த ஒரு புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டாலும் அதன்மீது எல்லாத் திசைகளிலும் அமுக்கங்கள் உள்ளன. ஓய்வு நிலையில் திரவம் உள்ளபோது இந்த அமுக்கங்கள் எல்லாத்திசைகளிலும் சமமாயிருக்கவேண்டும். திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் இது hdg ஆனதால், அழுத்தம் ஆழத்தையே பொறுத்துள்ளதே அன்றி பாத்திரத்தின் வேறு அளவுகளைப் பொறுத்ததல்ல.

திரவத்திற்கு பக்கவாட்டில், மேல்திசையில் அமுக்கங்கள் உள்ளன என்பதனைக் கீழ்க்கண்ட சோதனைகள் வாயிலாகச் செய்து காட்டலாம்.

திரவத்திற்கு மேனோக்கிய அமுக்கம் உண்டெனக் காண்பித்தல்

படம் 4·3-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் இருபுறமும் திறந்த ஒரு கண்ணாடிக் குழாயையும் அதன் கீழ் வாயை நீர் புகாதவாறு கெட்டியாக மூடக்கூடிய ஒரு மெல்லிய உலோகத்தகட்டையும் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இத்தகட்டின்மீதுள்ள கொக்கியில் ஒரு நூலைக் கட்டி, நூலை குழாயின் உட்புறமாக இழுத்து கெட்டியாகப் பிடித்துக்கொள்ள வேண்டும். மற்றொரு அகலமான, நீர் நிரம்பிய சாடிக்குள் இக்குழாயைச் செங்குத்தாக இறக்கி, நூலை விட்டு விட்டால் தகடு கீழே விழாமல் இருக்கக் காணலாம். தகட்டினை நாம் எதனோடும் பொருத்தி இணைத்து வைக்கவில்லை. எனவே, அது தன் எடையின் காரணமாகக் கீழே விழவேண்டும். அது விழாததனால் அதனை மேல்நோக்கி ஒரு விசை தடுத்துக்கொண்டுள்ளது என்பது புலனாகிறது. இப்போது குழாய்க்குள் மெதுவாக, சிறிது சிறிதாக நீரை ஊற்ற குழாயிலுள்ள நீரின் மட்டம் சாடியிலுள்ள நீர் மட்டத்திற்குச் சமமாக வந்தவுடன் அதற்குமேல் ஒரு சொட்டு நீர் விட்டாலும் தகடு கீழே விழுந்துவிடும். எனவே, தகட்டின் மீதிருந்த மேனோக்கிய விசை அதன்மீது நிற்கும் திரவத்தூணின் எடைக்குச் சமம் என்பதுத் தெரிகிறது. எனவே, தகடு உள்ள புள்ளியில் மேனோக்கிய அமுக்கமும், கீழ் நோக்கிய அமுக்கமும் சமம்.

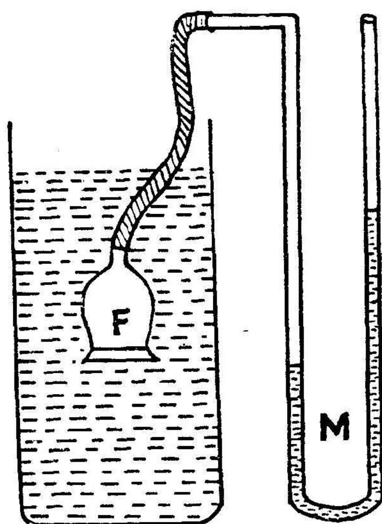


படம் 4.3

திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் எல்லாத் திசைகளிலும் சம அமுக்கம் உள்ளதைக் காட்ட சோதனை.

படம் 4·4-ல் காட்டியுள்ளது போன்ற ஒரு புனலை எடுத்துக் கொண்டு அதன் வாயை ஒரு ரப்பர் இடைத்திரையால்

(diaphragm) இறுகக் கட்டி மூடவேண்டும். புனலை ஒரு அமுக்க மானி (pressure gauge) ஒன்றுடன் (M) ஒரு ரப்பர் குழாய் வாயிலாக இணைத்துவிட வேண்டும். இப்போது புனலை நீர் நிரம்பிய ஒரு பாத்திரத்திற்குள் ஒரு குறிப்பிட்ட ஆழத்தில் இறக்கி அமுக்கமானி காட்டும் அளவைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அமுக்கமானியின் இரு புயங்களிலும் உள்ள திரவ மேட்டங்களின் வேறுபாடு புனலினுள் உள்ள காற்றின் அமுக் கத்தையும் அதனால் ரப்பர் இடைத்திரைக்கு வெளிப்புறத்தி



படம் 4.4

லுள்ள நீரின் அமுக்கத்தையும் குறிக்கும். இப்போது இடைத் திரையை ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும்படி வைத்துக்கொண்டு புனலை எந்தப்பக்கம் சுழற்றினாலும் அமுக்கமானி ஒரே அளவைக் காட்டக் காணலாம். இதிலிருந்து திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் எல்லாத்திசைகளிலும் சம அமுக்கம் உள்ள தெனத் தெரிகிறது.

மேலும், புனலை வெவ்வேறு மட்டங்களில் வைத்து சோதனைச் செய்தாலும் இதே முடிவு கிடைப்பதோடு புனலின் ஆழம் குறைந்தால் அமுக்கமானி காட்டும் அளவும் குறையக் காணலாம். எனவே, திரவத்தினுள் உள்ள அமுக்கம் ஆழத் தைப் பொறுத்திருக்கிறது என்பதும் தெரிகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 4 அடி ஆழமும், 6 அடி பக்கங்களும் உடைய ஒரு சதுரத் தொட்டியானது நீரால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. அதன் அடிப்பரப்பிலும் ஏதேனும் ஒரு பக்கத்தின்மீதும் உள்ள இறுக்கு விசையினைக் கணக்கிடு.

அடிப்பகுதியில் அமுக்கம் $= hdg$

$= 4 \times 62{\cdot}5 \times g$ பவுண்டல்/சதுர அடி

$= 4 \times 62{\cdot}5$ பவுண்டு எடை/சதுர அடி

அடிப்பகுதியின் பரப்பளவு $= 6 \times 6 = 36$ சதுர அடி.

அடிப்பகுதியின்மீது இறுக்கு விசை $=$ அமுக்கம் $\times$ பரப்பளவு

$= 4 \times 62{\cdot}5 \times 36$ பவுண்டு எடை

$= 9000$ பவுண்டு எடை.

அமுக்கமானது ஆழத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதால் தொட்டியின் பக்கத்திலுள்ள சராசரி அமுக்கம் அதன் மையத்திலுள்ள அமுக்கமே எனக்கொள்ளலாம். எனவே,

ஒரு பக்கத்தின்மீது சராசரி அமுக்கம் $= \frac{1}{2} hdg$

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 62{\cdot}5 \times g$ பவுண்டல்/சதுர அடி

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 62{\cdot}5$ பவுண்டு எடை/சதுர அடி

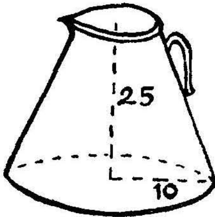
ஒரு பக்கத்தின் பரப்பளவு $= 6 \times 4$ சதுர அடி

ஒரு பக்கத்தின்மீது இறுக்கு விசை $= (\frac{1}{2} \times 4 \times 62{\cdot}5) \times (6 \times 4)$

$= 3000$ பவுண்டு எடை

குறிப்பு: இங்கே காற்றினால் உள்ள அமுக்கத்தைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளவில்லை.

(2) தலை வெட்டப்பட்ட கூம்பு வடிவத்திலுள்ள ஒரு பாத்திரம் நிரம்ப மண்ணெண்ணெய் உள்ளது. இப்பாத்திரத்தின் அடிப்பகுதியின் விட்டம் 20 செ.மீ. ஆகவும் உயரம் 25 செ.மீ. ஆகவும் இருந்தால் இதன் அடிப்பரப்பின் மீதுள்ள இறுக்கு விசை யாது? மண்ணெண்ணெயின் அடர்த்தி = 0·8 கிராம்/க. செ.மீ.



படம் 4·5

அடிப்பரப்பில் அழுக்கம்

$= hdg$

$= 25 \times 0{\cdot}8 \times g$ டைன் / சதுர செ.மீ.

$= 25 \times 0.8$ கிராம் எடை / சதுர செ.மீ.

அடிப்பரப்பின் எல்லாப் பகுதியின் மீதும் 25 செ. மீ. உயரத்திற்கு திரவம் நிற்காவிட்டாலும் ஓய்வு நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தில் ஒரே மட்டத்திலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் அழுக்கம் ஒன்றாகவே இருக்கும் என்பதுத் தெரியும். எனவே,

அடிப்பரப்பின்மீது இறுக்கு விசை } = அழுக்கம் × பரப்பளவு

$= (25 \times 0.8) \times (\pi \times 10^2)$

$= 200 \times \pi \times 100$

$= 20000\,\pi$ கிராம் எடை

(3) 10 செ.மீ. பக்கமுடைய ஒரு கனசதுரப் பாத்திரத்தில் பாதி நீராலும், பாதி ஒரு திரவத்தாலும் (அடர்த்தி எண் = 0·8) நிரப்பப்பட்டுள்ளது. அதன் அடிப்பகுதியிலும், ஏதேனும் ஒரு பக்கத்தின்மீதும் உள்ள இறுக்கு விசையினைக் கணக்கிடு.

(i) அடிப்பகுதியில் இறுக்கு விசை :

அடிப்பகுதியின்மீது 5 செ. மீ. உயரத்திற்குள்ள நீரும் அதற்குமேல் 5 செ.மீ. உயரத்திற்குள்ள திரவமும் செலுத்தும் அழுக்கம் உள்ளதால்,

அடிப்பகுதியில்அமுக்கம் = நீரின் அமுக்கம் + திரவத்தின் அமுக்கம்

$= 5 \times 1{\cdot}0 \times g + 5 \times 0{\cdot}8 \times g$ டைன்/சதுர செ.மீ.

$= 5 + 4$ கிராம் எடை/சதுர செ.மீ.

$= 9$ கிராம் எடை/சதுர செ.மீ.

எனவே, அடிப்பரப்பில் இறுக்கு விசை } = அமுக்கம் × பரப்பு

$= 9 \times (10 \times 10)$

$= 900$ கிராம் எடை.

(ii) ஒரு பக்கத்தின் திரவத்தோடு ஒட்டியுள்ள பகுதியின்மீதுள்ள இறுக்குவிசை

இப்பகுதியின்மீதுள்ள சராசரி அமுக்கம் அதன் மையத்தின்மீதுள்ள அமுக்கம் ஆதலின்,

சராசரி அமுக்கம் $= \frac{1}{2} \times 5 \times 0{\cdot}8 \times g$ டைன்/சதுர செ.மீ.

$= \frac{1}{2} \times 5 \times 0{\cdot}8$ கிராம் எடை/சதுர செ.மீ.

$= 2$ கிராம் எடை/சதுர செ. மீ.

இறுக்கு விசை = அமுக்கம் × பரப்பு

$= 2 \times (5 \times 10)$ கிராம் எடை

$= 100$ கிராம் எடை.

(iii) ஒரு பக்கத்தின் நீரோடு ஒட்டியுள்ள பகுதியின்மீதுள்ள இறுக்கு விசை.

முன்போல்,

சராசரி அமுக்கம் = மேலுள்ள திரவத்தின் அமுக்கம் + இப்பகுதியின் மையத்தில் நீரால் அமுக்கம்

$= 5 \times 0{\cdot}8 \times g + \frac{1}{2} \times 5 \times 1 \times g$ டைன்/சதுர செ.மீ.

$= 4 + 2{\cdot}5$ கிராம் எடை/சதுர செ.மீ.

$= 6{\cdot}5$ கிராம் எடை/சதுர செ.மீ.

இறுக்கு விசை = அமுக்கம் × பரப்பு

= 6·5×(5×10)

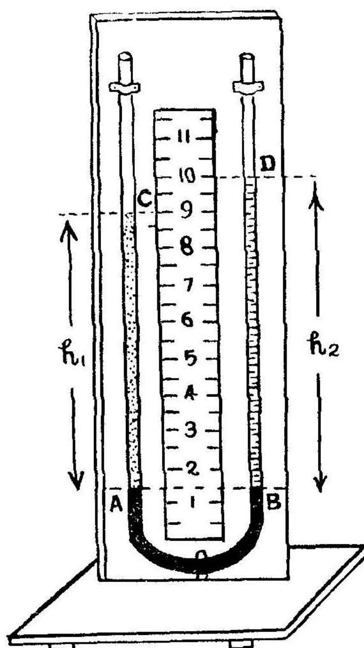
= 325 கிராம் எடை.

எனவே, ஒரு பக்கத்தின்மீதுள்ள மொத்த இறுக்கு விசை

= நீரை ஒட்டியுள்ள பகுதியின் மீதுள்ள இறுக்கு விசை + திரவத்தை ஒட்டியுள்ள பகுதியின் மீதுள்ள இறுக்கு விசை.

= 325+100=425 கிராம் எடை.

சமநிலை திரவத் தூண்கள்



படம் 4.6

ஒன்றை ஒன்று சமநிலைப் படுத்தும் திரவத் தூண்களைக்கொண்டு திரவங்களின் ஒப்பு அடர்த்தியினைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதற்கு U-குழாய், ஹேர் திரவமானி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

சோதனை 4·2

U—குழாயைக் கொண்டு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

U வடிவத்தில் வளைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயே U-குழாயாகும். இது ஒரு மரப்பலகையின் மீது செங்குத்தாக நிறுத்தப் பட்டிருக்கும். இதில் எடுத்துக்கொள்ளும் திரவமட்டங்களைக் காண்பதற்கென ஒரு அளவுகோல் பொருத்தப் பெற்றிருக்கும்.

முதலில் சிறிதளவு பாதரசத்தைக் குழாயினுள் ஊற்றி அதன் வளைந்த பகுதி முழுவதையும் நிரப்பி இரு புயங்களிலும் சிறிதளவு உயரம் நிற்குமாறுச் செய்யவேண்டும். ஒய்வு நிலையில் இருக்கும் ஒரு திரவத்தின் கட்டற்ற மேற்பரப்பு கிடையாகவே இருக்குமாதலான் இருபுயங்களிலும் பாதரசத்தின் மட்டங்கள் (A, B) ஒரே நிலையில் இருக்கும். இப்போது தூய நீரை அதன் ஒரு புயத்தில் ஊற்ற பாதரச மட்டம் மறு புயத்தில் உயரும். எந்தத் திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணவேண்டுமோ அதனை மறு புயத்தில் கவனத்துடன் ஊற்றி பாதரச மட்டங்கள் A, B ஒரே நிலையில் இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். A-க்கு மேலுள்ள நீர்த்தூணின் உயரத்தையும் ($h_1 = AC$), திரவத் தூணின் உயரத்தையும் ($h_2 = BD$) அளந்துகொள்ளவேண்டும். A-யும் B-யும் ஒரே மட்டத்தில் உள்ளதால்,

A-ல் அழுக்கம் = B-ல் அழுக்கம்.

காற்றின் அழுக்கம் π எனவும், நீரின் அடர்த்தி d_1 எனவும், திரவத்தின் அடர்த்தி d_2 எனவும் கொண்டால்,

$$\pi + h_1 d_1 g = \pi + h_2 d_2 g$$

அல்லது, $$h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

அல்லது, $$h_1 d_1 = h_2 d_2$$

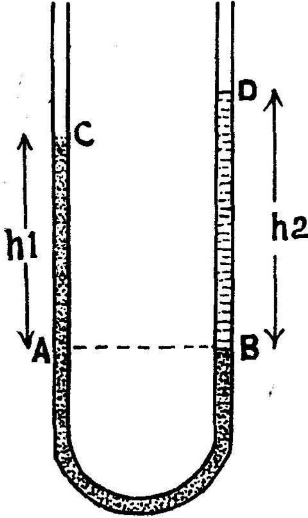
அல்லது, $$\frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

ஆனால் $\frac{d_2}{d_1}$ என்பது திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி. எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த் தூணின் உயரம்}}{\text{திரவத் தூணின் உயரம்}}$$

ஒப்பு அடர்த்தி காணவேண்டிய திரவமானது தண்ணீரோடு கலக்காதெனின் பாதரசம் தேவை இல்லை. இப்போது, இரண்டிலும் கனமான திரவத்தை முதலில் ஒரு பக்கத்தில் ஊற்றவேண்டும். இது கிட்டத்தட்ட மூன்றில் ஒரு பங்கு உயரத்தில் நிற்கும்போது மற்ற திரவத்தை மற்றொரு புயத்தில் ஊற்ற படம் 4.7–ல் உள்ளவாறு திரவத் தூண்கள் நிற்கும்.

இரு திரவங்களையும் பிரிக்கும் இடம் வளைவிற்குமேல் இருக்க வேண்டும். மற்றொரு புயத்திலும் இந்த பிரிக்கும் இடத்தின் வழியே செல்லும் கிடைத்தளத்தில் உள்ள மட்டத்தைக் கண்டு கொள்ளவேண்டும். இந்த மட்டங்கள் A, B ஆனால் இவற்றிற்கு மேலுள்ள திரவத் தூண்களின் உயரங்களை (நீர்த்தூணின் உயரம் $h_1 = AC$, திரவத்தூணின் உயரம் $h_2 = BD$) அளக்க வேண்டும். முன்போல்,



படம் 4.7

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{h_1}{h_2}$$

திரவத்தையும், நீரையும் வெவ்வேறுஉயரங்களில் எடுத்துக் கொண்டு சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி ஒப்பு அடர்த்தியினைக் காணலாம். கண்ட குறிப்புகளை அடுத்த பக்கத்தில் கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்.

இரு திரவங்களும் (திரவமும் நீரும்) அல்லது திரவமும் பாதரசமும் ஒன்றோடு ஒன்று தொடர்பு கொள்ளும்போது இரசாயன நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுமானால் U-குழாயைக் கையாள முடியாது. இதற்கு ஹேர் திரவமானியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

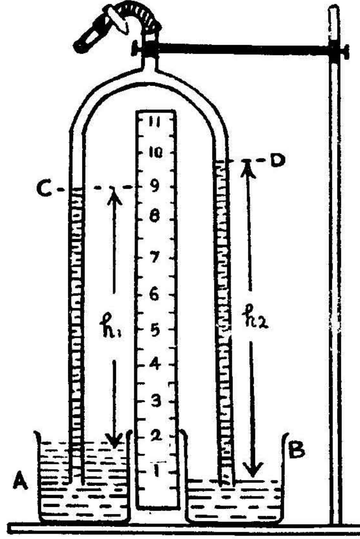
சோதனை 4·3

ஹேர் திரவமானியைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

ஒரு U-குழாயானது அதன் வளைவு மேலே இருக்கும்படி செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதன் வளைவில் ஒரு

எண்	நீர்			திரவம்			ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{h_1}{h_2}$
	A-ன் மட்டம்	C-ன் மட்டம்	$h_1 = AC$	B-ன் மட்டம்	D-ன் மட்டம்	$h_2 = BD$	
						சராசரி	

பக்கக்குழாய் உள்ளது. இதனுடன் ஒரு ரப்பர்க் குழாய் பொருத்தப்பெற்று, அதன்மேல் ஒரு கவ்வி (clip) செருகப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு புயத்தின் அடியிலும் ஒரு முகவை(Beaker) வைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.8

இதில் ஒரு முகவையில் (இடது) நீரும் மறு முகவையில் திரவமும் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். கவ்வியைத் தளர்த்தி விட்டு ரப்பர்க் குழாய்வழியே காற்றை உறிஞ்ச இரு கைகளிலும் நீரும் திரவமும் ஏறும். போதுமான உயரங்கள் அவை ஏறியஉடன் கவ்வியை இறுக்க, அவை அதே உயரங்களில் நிற்கும். நீர்த்தூணின் செங்குத்து உயரத்தை முகவையிலுள்ள நீர் மட்டத்திலிருந்து ($h_1 = AC$) அளக்க வேண்டும். அவ்வாறே, திரவத்தூணின் உயரத்தையும் முகவையிலுள்ள திரவ மட்டத்திலிருந்து அளக்கவேண்டும் ($h_2 = BD$).

நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் அடர்த்திகள் முறையே d_1, d_2 எனவும், காற்றின் அழுக்கம் π எனவும், குழாயினுள் நீருக்கு மேலும், திரவத்திற்கு மேலும் உள்ள காற்றின் அழுக்கம் P எனவும் கொள்வோம்.

இப்போது A–ல் அமுக்கம் $= P+h_1 d_1 g$. ஆனால், இது காற்றின் அமுக்கம் என்பதுத் தெளிவு. எனவே,

$$P + h_1 d_1 g = \pi. \rightarrow (1)$$

இவ்வாறே, B-ல் உள்ள அமுக்கமும் காற்றின் அமுக்கத்திற்குச் சமமாதலான்,

$$P + h_2 d_2 g = \pi \rightarrow (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளிலிருந்து

$$P + h_1 d_1 g = P + h_2 d_2 g.$$

அல்லது, $h_1 d_1 g = h_2 d_2 g.$

அல்லது, $h_1 d_1 = h_2 d_2$

அல்லது, $\frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}.$

ஆனால் $\frac{d_2}{d_1}$ என்பது திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி. எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த்தூணின் உயரம்}}{\text{திரவத் தூணின் உயரம்}}$$

h_1, h_2 ஆகியவற்றின் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்குச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து பக்கத்திலுள்ளவாறு அட்டவணைப் படுத்தி சராசரி ஒப்பு அடர்த்தியினைக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு U-குழாயின் வளை பகுதியில் பாதரசம் உள்ளது. இதன் ஒரு புயத்தில் 34 செ.மீ. உயரத்திற்கு ஒரு திரவத்தை ஊற்ற மறுபுயத்தில் பாதரசம் தன் பழைய மட்டத்திலிருந்து ஒரு செ. மீ. உயருகிறது. அப்படியானால் அத்திரவத்தின் அடர்த்தி என்ன? பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கிராம்/கன செ. மீ.

பாதரசம் ஒருபுறத்தில் 1 செ.மீ. உயருவதால் மறுபுறத்தில் 1 செ.மீ. தாழ்ந்திருக்கவேண்டும். எனவே, பொதுமட்டத்திலிருந்து பாதரசத் தூணின் உயரம் 2 செ.மீ. ஆகும்.

எண்	நீர்			திரவம்			ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{h_1}{h_2}$
	முகவையில் மட்டம் A	குழாயில் மட்டம் C	$h_1 = AC$	முகவையில் மட்டம் B	குழாயில் மட்டம் D	$h_2 = BD$	
						சராசரி	

h_1, h_2 ஆகியவை திரவம், பாதரசம் ஆகியவற்றின் உயரங்களும் (பொது மட்டத்திலிருந்து) d_1, d_2 அவற்றின் அடர்த்திகளும் ஆனால்,

$$h_1 d_1 = h_2 d_2.$$ எனவே,

$$34\, d_1 = 2 \times 13{\cdot}6$$

அல்லது $$d_1 = \frac{2 \times 13{\cdot}6}{34} = 0{\cdot}8$$ கிராம்/கன செ. மீ.

(2) ஒரு ஹேர் திரவமானியில் திரவம், நீர் ஆகியவற்றின் செங்குத்து உயரங்கள் முறையே 26·4, 21·2 செ.மீ. ஆனால், திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி யாது?

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த் தூணின் உயரம்}}{\text{திரவத் தூணின் உயரம்}}$$

$$= \frac{21{\cdot}2}{26{\cdot}4}$$

$$= \underline{\underline{0.803.}}$$

பாஸ்கல் விதியும் பிராமா அமுக்கு எந்திரமும்

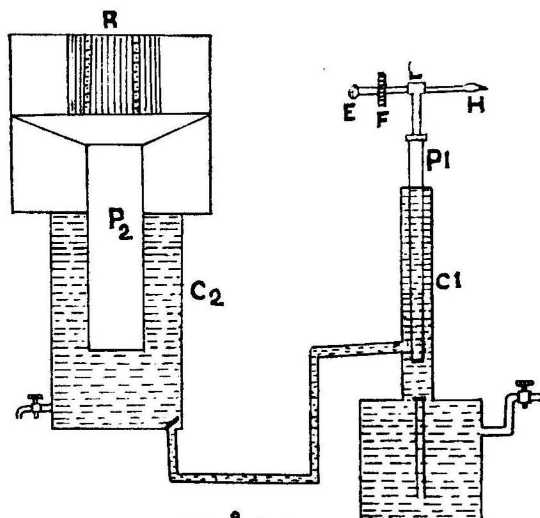
பாஸ்கல் விதி

ஒரு ரப்பர் பந்தில் பல நுண்ணிய துணிகளை இட்டு, அதை நீரால் நிரப்புவோம். இப்பந்தை ஓரிடத்தில் இலேசாக அமுக்கினால் அதன்மீதுள்ள பல துளைகளிலிருந்தும் நீர் பீரிட்டு ஒரே வேகத்தில் வெளிவரக் காணலாம். நாம் பந்தினை ஓரிடத்தில் அமுக்கும்போது அதனை ஒட்டியுள்ள நீரும் அமுக்கப்படுகிறது. இந்த அமுக்கம் நீர் முழுதும் பரவுகின்றது. இது திரவங்களின் ஒரு பண்பாகும். இதனை முதன்முதல் கண்டறிந்த பாஸ்கல் ஒரு விதியாகக் கூறினார். பாய் பொருள்களில் அமுக்கம் செலுத்துகை பற்றிய பாஸ்கலின் விதி எனப்படும் இவ்விதியாவது :

ஓய்விலிருக்கும் ஒரு திரவத்தில் ஒரு புள்ளியில் அமுக்கத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அதிகரித்தால் அத்திரவத்தினுள் உள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் அமுக்கம் அதே அளவு அதிகரிக்கும்.

பிராமா அமுக்கு எந்திரம்

பாஸ்கலின் விதியைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்பட்ட பயனுள்ள ஒரு எந்திரம் இதுவாகும். இது C_1, C_2 என்ற இரு உருளைகளை உடையது. இவற்றுள் ஒன்றின் (C_1) விட்டம் சிறிதாகவும் மற்றதின் விட்டம் பெரிதாகவும் இருக்கும். இவ்விரு உருளைகளும் ஒரு குழாயினால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் நீர் அல்லது எண்ணெய் இருக்கும். P_1, P_2 என்ற இரு உந்து தண்டுகள் இந்த உருளைகளினுள் இயங்குகின்றன. P_1 ஆனது ஒரு நெம்புகோலினால் இயக்கப்படுகிறது. இந்த நெம்புகோலின் ஆதாரநிலை F-ல் உள்ளது; H கைப்பிடியாகும். P_2-வின்மீது ஒரு மேடை உள்ளது. இம்மேடைக்கும் சமதளமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு கூரைக்கும் (R) இடையே அமுக்கவேண்டிய பஞ்சுப் பொதி வைக்கப்படும். இப்போது, நெம்புகோலைக் கீழே அமுக்க P_1 கீழே செல்கிறது. இதனால் C_1-ல் உள்ள நீரின் அமுக்கம் அதிகமாகிறது. இந்த அமுக்கம் திரவத்தின் ஊடு எல்லாப் பகுதிக்கும் பரவும். எனவே, P_2 மேலே தள்ளப்படுகிறது; அதனால் மேடை மேலே உயர பஞ்சுப்பொதி அமுக்கப்படுகிறது. இதனால் பெறுகின்ற நன்மையைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.



படம் 4.9

P_1, P_2 ஆகியவற்றின் குறுக்கு வெட்டுகளின் பரப்பளவுகள் முறையே a_1, a_2 எனவும், நெம்புகோலில் திறனைத் தொழிற்

படுத்தும் இடத்திற்கும் ஆதார நிலைக்கும் உள்ள தூரம் (FH) d_1 எனவும், P_1-க்கும் ஆதார நிலைக்கும் உள்ள தூரம் (FL) d_2 எனவும் கொள்வோம். இப்போது, நெம்புகோலில் நாம் தொழிற்படுத்தும் திறன் E ஆனால், P_1 உந்து தண்டின்மீது தொழிற்படும் விசை $= E. d_1/d_2$. இது உந்து தண்டில் கீழ்நோக்கி தொழிற்படுகிறது. இதனால் P_1 மீது அதிகரிக்கும் அழுக்கம் $= Ed_1/d_2 \times 1\ a_1$. இந்த அளவிற்கே P_2-ன்மீதும் அழுக்கம் அதிகரிக்கும். எனவே, P_2 மீது தொழிற்படும் இறுக்கு விசை $= \left(\frac{Ed_1}{d_2} \times \frac{1}{a_1}\right) \times a_2 = E. \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{a_2}{a_1}$.

இவ்வாறாக, நாம் E விசையைப் பயன்படுத்தி $E. \frac{d_1}{d_2} \times \frac{a_2}{a_1}$ விசையைப் பெறுகின்றோம். இங்கே, d_1 ஆனது d_2-ஐ விடப் பெரிதாகையாலும், a_2 ஆனது a_1-ஐக் காட்டிலும் பெரிதாகையாலும் நமக்குக் கிடைக்கும் விசை E-ஐக் காட்டிலும் பெரிது. $\frac{d_1}{d_2}$, $\frac{a_2}{a_1}$ ஆகியவற்றின் மதிப்பை வேண்டுமளவிற்குப் பெரிதாக அமைத்துக் கொள்வதின் வாயிலாக எண்ணிய விசைப்பெருக்கத்தைப் பெறலும்கூடும். இப்போது, காட்டாக, a_1, a_2 ஆகியவற்றின் மதிப்பு 1 ச.செ.மீ., 100 செ.மீ. எனவும் d_1, d_2 ஆகியவை 10 செ மீ., 100 செ.மீ. எனவும் எடுத்துக் கொண்டால் 1 கிலோகிராம் எடையுள்ள திறனைப் பயன்படுத்தும்போது $1 \times \frac{100}{10} \times \frac{100}{1} = 1000$ கிலோகிராம் எடையுள்ள விசைகொண்டு பஞ்சுப் பொதியை அழுக்க முடிகிறது. இது நன்மையாகும். ஆனால், சிறிய உந்து தண்டு x தூரம் நகர்ந்தால் பெரிய உந்து தண்டு $x \times \frac{a_1}{a_2}$ தூரம்தான் மேலே செல்லும் என்பதனைக் கண்டுகொள்ளலாம்.

இந்த எந்திரத்தின் பஞ்சு, சணல் பொதிகளை அழுக்கி, சிறிதாகக் கட்டவும், புத்தகக் கட்டட வேலைக்கும், வித்துகளிலிருந்து எண்ணெய் பிழியவும், உலோகத் தகடுகளைத் தகுந்த உருவத்திற்கு அழுக்கவும் பயன்படுத்தலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு பிராமா அழுக்கு எந்திரத்தின் உந்து தண்டுகளின் விட்டங்கள் 3 அங்குலமும் 30 அங்குலமும் ஆகும். சிறிய உந்து

தண்டானது 12 அடி நீளமுள்ள ஒரு நெம்புகோலின்மீது அதன் ஆதார நிலையிலிருந்து 2 அடி தூரத்தில் பொருத்தப் பெற்றுளது. எடையின்மீது 5000 பவுண்டு எடை விசையைத் தொழிற்படுத்த வேண்டின், நெம்புகோலின் இறுதி முனையில் என்ன விசையைக் கொடுக்கவேண்டும்?

கொடுக்கவேண்டிய விசை E பவுண்டு எடை எனக் கொள்வோம்.

இப்போது, சிறிய உந்து தண்டின் மீது தொழிற்படும் விசை $= \frac{E \times 12}{2}$ பவுண்டு எடை

$= 6E$ பவுண்டு எடை.

எனவே, சிறிய உந்து தண்டின் மீது அமுக்கம் $= \frac{\text{இறுக்கு விசை}}{\text{பரப்பு}}$

$= \frac{6E}{\pi \times \left(\frac{3}{24}\right)^2}$ பவுண்டு எடை/சதுர அடி.

$= \frac{E \times 6 \times 24^2}{9\pi}$ பவுண்டு எடை/சதுர அடி.

எனவே, பெரிய உந்து தண்டின் மீது கிடைக்கும் விசை $= \frac{E \times 6 \times 24^2}{9\pi} \times \pi \times \left[\frac{30}{24}\right]^2$ பவுண்டு எடை

$= \frac{6E}{9} \times 30^2$ பவுண்டு எடை

இது, 5000 பவுண்டு எடைக்குச் சமம். எனவே,

$$\frac{6E \times 30^2}{9} = 5000$$

அல்லது, $E = \frac{5000 \times 9}{6 \times 30 \times 30}$

அல்லது, $E = 8\frac{1}{3}$ பவுண்டு எடை.

ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவம்

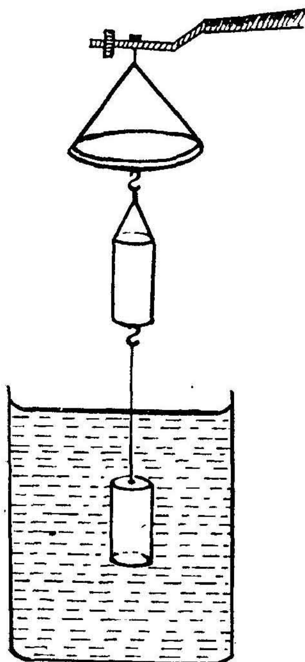
கிணற்றிலிருந்து நீர் மொள்ளும்போது, வாளி நீருக்குள் உள்ளபோது இலேசாகத் தோன்றுகிறது. ஆனால் நீர்ப்பரப்பிற்குமேல் வந்தவுடன் எடை மிகுந்து காணப்பெறுகிறது. அவ்வாறே, நீரில் மூழ்கியிருக்கும்போது நாம் எடை குறைந்து இலேசாக உள்ளதுபோல், மிதப்பதுபோல் உணர்கின்றோம். இதற்குரிய காரணம் யாது? நீரிலுள்ள பொருளின் எடை கீழ்நோக்கி அதன் ஈர்ப்பு மையத்தின் ஊடே தொழிற்படுகிறது. அதே நேரத்தில் நீரானது அப்பொருளை மேனோக்கி அமுக்குகிறது. எனவே பொருளின் எடைஎன நாம் உணர்வது, அதன் எடை—நீரின் இம்மேனோக்கிய விசை ஆகும். இந்த மேனோக்கிய விசை பொருளின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் இருக்கும். இவற்றின் தொகுபயன் மிதப்பு விசை (Buoyancy) எனப்படும். இந்த மிதப்பு விசையானது பொருளினால் விலக்கப்பெறும் திரவத்தின் மையத்தில் தொழிற்படும். இப்புள்ளி மிதப்பு விசை மையம் (Centre of buoyancy) எனப்படும். திரவத்தில் பொருள் அசைவற்று இருப்பதால் பொருளின் எடையும் மிதப்புவிசையும் ஒரே நேர்கோட்டில்தான் தொழிற்படவேண்டும். எனவே, பொருளின் ஈர்ப்பு மையமும், விலக்கப்பட்ட திரவத்தின் மிதப்புவிசை மையமும் ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் அமையும். இவற்றிலிருந்து ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் மூழ்கியிருக்கும்போது அது எடை இழந்ததாகத் தோன்றுவதற்குரிய காரணம் இம்மிதப்பு விசையே என்பதுத் தெரிகிறது. இந்த எடை இழப்பினை முதன்முதலாக ஆய்ந்தறிந்து ஓர் விதியாக அமைத்துத் தந்தவர் கிரேக்கப் பேரறிஞர் ஆர்க்கிமிடிஸ் ஆகும். அவர் தந்த விதியாகிய ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

ஒரு பொருளானது ஒரு திரவத்தில் (பாய்பொருளில்) மூழ்கி இருக்கும்போது, அது அதனால் விலக்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமான ஒரு மேனோக்கிய இறுக்கு விசைக்கு உள்ளாகிறது.

இதனைச் சற்று மாற்றி கீழ்க்கண்டவாறும் கூறலாம். ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்துள் மூழ்கியிருக்கும்போது இழப்பதாகத் தோன்றும் எடை அதனால் விலக்கப்பட்ட (அதன் கன அளவிற்குச் சமமான) திரவத்தின் எடைக்குச் சமம். ஒரு

பொருள் முழுதும் மூழ்கி இல்லாவிட்டாலும் ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவம் பொருந்தும்.

இத்தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்ட சோதனை வாயிலாகச் சரி பார்க்கலாம். இதற்கு ஒரு நீர்நிலையியல் தராசினைப் பயன் படுத்துவது நன்று. இதுவும் ஒரு சாதாரண பௌதிகத் தராசு தான். ஆனால் இதன் இடது தட்டு குட்டையாக இருக்கும். இத்தட்டின் அடியில் ஒரு கொக்கி இருக்கும். படம் 4·10. ஒரு உலோகக் கூடு அல்லது உறையினையும் ஒரு உருளையினை யும் எடுத்துக்கொள்ள வேண் டும். இந்த உருளை அக்கூட்டுக் குள் சரியாகப் பொருந்தும்படி இருக்கவேண்டும். அதாவது, உருளையின் கன அளவும் உறை யின் கொள்ளளவும் சமம். இப் போது, தராசின் குட்டையான தட்டின் அடியிலுள்ள கொக்கி யிலிருந்து உறையினையும், உறை யின் அடியிலுள்ள ஒரு கொக் கியிலிருந்து உருளையையும் தொங்கவிடவேண்டும். தராசின் வலது தட்டில் சரியான எடையை வைத்து தராசைச் சம நிலைப்படுத்தவேண்டும். பிறகு, ஒரு முகவையில் நீர் எடுத்துக் கொண்டு அதில் உருளை முழுதும் மூழ்கியிருக்கும்படி வைக்க வேண்டும். இப்போது தராசின் சமநிலை குலையக் காணலாம்; தராசு முள் இடப்புறம் நகர்ந்து இடது தட்டில் எடை குறை வதைக் காட்டும். இப்போது, உறையினை முழுதும் கவன மாக நீரால் நிரப்பினால் தராசு தன் பழைய நிலைக்குத் திரும்பும். எனவே, உருளை நீரில் மூழ்கியிருந்தபோது இழந்ததாகத் தோன்றிய எடை அதே கன அளவுள்ள நீரின் எடைக்குச் சமம் என்பதுத் தெரிகிறது. இதுவே ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவம் அல்லவா! இச்சோதனையை வேறு திரவங்களைக் கொண்டும் செய்யலாம்.



படம் 4.10

சோதனை 4·4

(அ) நீரில் கரையாத, ஒரு கனமான திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

கொடுக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருளை ஒரு மெல்லிய நூலினால் கட்டி ஒரு பௌதிகத் தராசின் இடது தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிட்டு அதன் எடையைக் (W_1) காணவேண்டும். இப்போது இடது தட்டின்மீது அதில் தாங்காமலும், அதன் இயக்கத்தைத் தடைசெய்யாத வகையிலும் ஒரு சிறிய விசிப் பலகையினை வைக்கவேண்டும். இதன்மீது நீரால் நிரப்பப் பெற்ற ஒரு முகவையினை வைத்து திடப் பொருள் நீரில் முழுதும் மூழ்கி இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். இந்த நிலையில் திடப்பொருள் முகவையினைத் தொடக் கூடாது; அதன்மீது காற்றுக் குமிழ்கள் இருக்கக் கூடாது. இப்போது திடப்பொருளின் எடையைக் (W_2) காணவேண்டும். இது W_1-ஐக் காட்டிலும் குறைவாக இருக்கும். எனவே நீரில் திடப்பொருள் இழந்த எடை $= W_1 - W_2$. இது திடப்பொருளின் கன அளவிற்குச் சமமான நீரின் எடை ஆகும்.

$$\text{திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{அதற்குச் சம கன அளவுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{திரவத்தில் இழக்கும் எடை}}$$

$$= \frac{W}{W_1 - W_2}$$

(ஆ) நீரில் கரையாத, நீரைக் காட்டிலும் இலேசான ஒரு திடப் பொருள் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

தக்கை (Cork) போன்ற இலேசான பொருள்கள் நீரில் மிதக்குமானதால் அவற்றை நீரில் அமிழ்த்தி வைத்திருக்க ஒரு கனமான பொருள் தேவை. இது ஒரு கண்ணாடி அடைப்பானாகவோ அல்லது ஒரு உலோக உருளையாகவோ இருக்கலாம். முதலில், இந்த கனமானப் பொருளை ஒரு மெல்லிய நூலில் கட்டி, தராசின் இடது தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்க

விட்டு, அதனை இடது தட்டின்மீதுள்ள சிறிய விசிப்பலகையின் மீது வைக்கப்பெற்ற ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் மூழ்கி இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். இப்போது, அதன் எடை W_1-ஐக் காணவேண்டும். இப்போது தக்கையினை அதே நூலில் நீருக்கு மேலே, காற்றில் இருக்கும்படி கட்டி மீண்டும் எடையைக் (W_2) காண வேண்டும். பிறகு தக்கையினைப் பிரித்தெடுத்து கனமான திடப்பொருளுடன் சேர்த்துக்கட்டி இரண்டும் நீரில் மூழ்கி இருக்கச் செய்து எடையைக் (W_3) காண வேண்டும். இப்போது,

காற்றில் தக்கையின் எடை $= W_2 - W_1$ கிராம்

நீரில் தக்கை இழக்கும் எடை $= W_2 - W_3$ கிராம்

தக்கையின் ஒப்பு அடர்த்தி $= \dfrac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{நீரில் இழக்கும் எடை}}$

$$= \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$$

(இ) ஒரு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்

இதற்கு, நீரில் கரையாத, கனமான ஏதேனும் ஒரு திடப்பொருளை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதனை முதலில் காற்றிலும், பிறகு நீரிலும், இறுதியில் நாம் ஒப்பு அடர்த்தி காண வேண்டிய திரவத்திலும் முன்னமே விவரித்ததுபோல் நிறுத்து எடைகளைக் காண வேண்டும்.

காற்றிற் திடப்பொருளின் எடை $= W_1$ கிராம்

நீரில் திடப்பொருளின் எடை $= W_2$ கிராம்

திரவத்தில் திடப்பொருளின் எடை $= W_3$ கிராம்

எனவே, திடப்பொருள் நீரில் இழந்த எடை $= W_1 - W_2$ கிராம்

திடப்பொருள் திரவத்தில் இழந்த எடை $= W_1 - W_3$ கிராம்

ஆனால், பொருள் நீரில் இழந்த எடை என்பது அப்பொருளின் கன அளவிற்குச் சமமான நீரின் எடை என்பதும், திரவத்தில் இழந்த எடை என்பது, அதே கன அளவுள்ள திரவத்தின் எடை என்பதும் நாமறிந்ததே. எனவே $(W_1 - W_2)$, $(W_1 - W_3)$

என்பவை ஒரு குறிப்பிட்ட கன அளவுள்ள நீரின் எடையும் ஆகும். எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{திரவத்தின் எடை}}{\text{அதே கன அளவுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$= \frac{\text{திடப்பொருள் திரவத்தில் இழந்த எடை}}{\text{திடப்பொருள் நீரில் இழந்த எடை}}$$

$$= \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2}$$

குறிப்பு: I. இந்தச் சோதனைகளிலெல்லாம் பின்கண்ட முன்னெச்சரிக்கைகளைத் தவறாமல் மேற்கொள்ள வேண்டும்.

(1) விசிப்பலகையானது தராசுத் தட்டின் இயக்கத்தைத் தடை செய்யக் கூடாது?

(2) திரவத்தில் மூழ்கும் பொருள் முகவையின் பக்கங்களைத் தொடாமல் திரவத்துள் நன்கு மூழ்கி இருக்கவேண்டும். தராசுத் தட்டுகளை உயர்த்தும்போது திரவத்திற்கு மேலே வந்துவிடக்கூடாது.

(3) மூழ்கியிருக்கும் பொருளின்மீது காற்றுக் குமிழ்கள் இருக்கக் கூடாது.

II. நீரில் கரையக் கூடிய திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காண வேண்டில், அது எந்தத் திரவத்தில் கரையாதோ அதில் ஒப்பு அடர்த்தியைக் கண்டு அதனை திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியால் பெருக்கவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) நீர் உள்ள ஒரு முகவையின் எடை 100 கிராம் 25 கன செ. மீ. கன அளவுள்ள பொருளின் எடை 200 கிராம். இவற்றைக் கீழ்க்கண்டவாறு ஒரு தராசின் இடது தட்டில் அமைக்கும் போது தராசின் வலது தட்டில் என்ன எடைகளை வைத்தால் அது சம நிலையில் இருக்கும்? (அ) முகவை ஒரு விசிப்பலகையின்மீதும், திடப்பொருள் இடது தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டும் உள்ளன. (ஆ) முகவை இடது

தட்டிலும் திடப்பொருள் வெளியே உள்ள பிறிதொரு சட்டத்திலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டும் உள்ளன. (இ) முகவை இடது தட்டிலும் பொருள் இடது தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்க விடப்பட்டும் உள்ளன.

(அ) இந்த அமைப்பில் தராசின் இடது தட்டின்மீது திடப் பொருள் நீரில் மூழ்கியுள்ளபோது உள்ள எடைதான் தொழிற் படும். எனவே,

திடப்பொருளின் எடை = 200 கிராம்

அதன் கன அளவு = 25 கன செ.மீ.

அதனால் விலக்கப்படும் நீரின் கன அளவு } = 25 கன செ.மீ.

விலக்கப்பட்ட நீரின் எடை = 25 கிராம். எனவே,

நீரில் பொருளின் எடை = 200 − 25 = 175 கிராம்.

தராசின் வலது தட்டில் = 175 கிராம் வைக்க வேண்டும்.

(ஆ) பொருள் வேறிடத்திலிருந்து தொங்குகிறது. இடது தட்டில் முகவை உள்ளது. பொருள் நீரில் மூழ்குவதால் நீரின் மட்டம் உயரும். எனவே முகவையின் அடிப்பரப்பின்மீது இறுக்கு விசை அதிகமாகும். இது பொருளால் விலக்கப்பட்ட நீரின் எடைக்குச் சமம். எனவே, வலது தட்டில் முகவையின் எடையோடு இதனையும் சேர்த்துவைக்க வேண்டும். அதாவது, 100 + 25 = 125 கிராம்.

(இ) முகவை இடது தட்டில் உள்ளது. எனவே, இதன் எடை உண்டு. பொருள் இடது தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்குகிறது. எனவே பொருளைத் தொங்கவிட்டிருக்கும் நூலின் இழுவிசை கொக்கியிலும், பொருள் இடம் பெயர்ப்பதால் விலகும் நீரின் எடை முகவையின் அடிப்பரப்பிலும் தொழிற்படுகிறது. எனவே, வலது தட்டில் வைக்கவேண்டிய எடை = முகவையின் எடை + நூலிலுள்ள இழுவிசை (அதாவது நீரில் பொருளின் எடை) + பொருளால் விலக்கப் பட்ட நீரின் எடை.

= 100 + 175 + 25 = 300 கிராம்.

(2) 28 கிராம் எடையும் 100 கன செ.மீ. கன அளவும் உள்ள ஒரு துண்டு கட்டை ஒரு பாத்திரத்தின் அடியில் ஒரு நூலால் கட்டப்பட்டுள்ளது, இப்பாத்திரத்தில் 1·2 கிராம் கன செ.மீ. அடர்த்தி உள்ள திரவம் உள்ளது. கட்டை இத்திரவத்தில் முழுதும் மூழ்கியிருந்தால் நூலிலுள்ள இழுவிசை என்ன ?

கட்டை திரவத்தைக் காட்டிலும் இலேசானது ஆனதால் இது மிதக்க முயலும். ஆனால் நூல் அதனைக் கீழ்நோக்கி இழுக்கும். கட்டையின் எடை கீழ்நோக்கியும், இக்கட்டையால் விலக்கப்பட்ட திரவத்தின் எடை மேனோக்கியும் தொழிற்படும். எனவே, நூலிலுள்ள இழுவிசை = மிதப்பு விசை—பொருளின் எடை.

பொருளின் எடை = 28 கிராம்.

பொருளின் கன அளவு = 100 கன செ.மீ. எனவே,

இதனால் விலக்கப்படும் திரவத்தின் கன அளவு = 100 கன செ.மீ.

விலக்கப்படும் திரவத்தின் எடை = $100 \times 1 \cdot 2 = 120$ கிராம்.

நூலிலுள்ள இழு விசை = $120 - 28 = 92$ கிராம் எடை

(3) ஒரு கம்பிச் சுருள் காற்றில் 4·015 கிராமும், தண்ணீரில் 3·523 கிராமும் உள்ளது. இதன் ஒப்பு அடர்த்தி என்ன ? கம்பியின் விட்டம் 0·5 மில்லி மீட்டர் ஆனால் அச்சுருளின் நீளம் என்ன ?

காற்றில் கம்பிச்சுருளின் எடை = 4·015 கிராம்

தண்ணீரில் கம்பிச்சுருளின் எடை = 3·523 கிராம். எனவே,

நீரில் இழக்கும் எடை = $4 \cdot 015 - 3 \cdot 523$

= $0 \cdot 492$ கிராம்

எனவே, ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{நீரில் இழக்கும் எடை}}$

$= \frac{4 \cdot 015}{0 \cdot 492}$

$= 8 \cdot 158$

கம்பிச்சுருளின் கன அளவு அதனுல் விலக்கப்படும் நீரின் கன அளவுக்குச் சமமாதலான், கம்பிச்சுருளின கன அளவு = 0·492 கன செ.மீ. ஆனுல், அதன் ஆரம் r ஆகவும் நீளம் l ஆகவும் இருந்தால் இது $\pi r^2 l$ ஆகும். எனவே,

$$\pi r^2 l = 0{\cdot}492$$

அல்லது, $\pi \times 0{\cdot}025^2 \times l = 0{\cdot}492$

அல்லது, $l = \dfrac{0{\cdot}492}{\pi \times 0{\cdot}025^2}$

$= 250{\cdot}7$ செ.மீ.

(4) 26·9 கிராம் எடையுள்ள ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகம் பெட்ரோலில் மூழ்கியுள்ளபோது 19·3 கிராம் உள்ளது. பெட்ரோலின் ஒப்பு அடர்த்தி 0·73 ஆனுல் குவார்ட்சின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காண்.

பெட்ரோலில் எடை இழப்பு $= 26.9 - 19{\cdot}3$

$= 7{\cdot}6$ கிராம்

ஒப்பு அடர்த்தி $= \left(\dfrac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{பெட்ரோலில் இழந்த எடை}}\right)$

$\times$ பெட்ரோலின் ஒப்பு அடர்த்தி

$= \dfrac{26{\cdot}9}{7{\cdot}6} \times 0{\cdot}73$

$= 2{\cdot}584$

(5) ஒரு கலப்பு உலோகத்துண்டில் பொன்னும் (ஒப்பு அடர்த்தி = 19·32) செம்பும் (ஒப்பு அடர்த்தி = 8·93) உள்ளன. இது காற்றில் 182·81 கிராமும், நீரில் 172·81 கிராமும் உள்ளது. இதில் இரு உலோகங்களும் கன அளவில் எந்த விகிதத்தில் கலந்துள்ளன? உன் விடையை நூறின் பகுதிகளாகக் கொடு.

காற்றில் துண்டின் எடை = 182·81 கிராம்.

நீரில் துண்டின் எடை = 172·81 கிராம்.

நீரில் இழந்த எடை = 10 கிராம்.

எனவே, துண்டின் கன அளவு = 10 கன செ.மீ.

இந்தத் துண்டில் v கன செ.மீ. பொன் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்போது இதிலுள்ள செம்பு $(10-v)$ கன செ.மீ.

பொன்னின் எடை $= v \times 19{\cdot}32$ கிராம்

செம்பின் எடை $= (10-v) \times 8{\cdot}93$ கிராம்

மொத்த எடை $= 19{\cdot}32v + (10-v)\, 8.93$ கிராம்

$= 19{\cdot}32v + 89{\cdot}3 - 8{\cdot}93$ கிராம்

$= 10{\cdot}39v + 89{\cdot}3$ கிராம்

ஆனால், இது $182{\cdot}81$ கிராம் ஆகும். எனவே,

$$10{\cdot}39v + 89{\cdot}3 = 182{\cdot}81$$

அல்லது, $10{\cdot}39v = 182{\cdot}81 - 89{\cdot}3$

அல்லது, $10{\cdot}39v = 93{\cdot}51$

அல்லது, $v = \frac{93{\cdot}51}{10{\cdot}39} = 9$ கன செ.மீ.

எனவே, பொன்னின் விகிதம் $= \frac{9}{10} \times 100 = 90\%$

செம்பின் விகிதம் $= 10\%$

மிதத்தல்

மிதப்பு விதிகள்

ஓர் இரும்புத் துண்டை நீரில் போட்டால் அது நீரில் அமிழ்ந்து விடுகிறது. ஆனால் மரக்கட்டை, தக்கை போன்றவை நீரில் மிதக்கின்றன. அவற்றை எவ்வளவு அமுக்கி வைத்தாலும் கையை எடுத்த உடன் மேல் வந்துவிடும். நீரில் அமிழும் இரும்புத் துண்டு பாதரசத்தில் மிதக்கக் காண்கிறோம். எனவே ஒரு பொருளின் அடர்த்தி திரவத்தின் அடர்த்தியைக் காட்டிலும் குறைவாக இருந்தால் அது அந்த திரவத்தில் மிதக்கும் என்பது புலனாகிறது. ஆனால் இதனைப் பொதுவிதியாக ஏற்றுக்கொள்ளலாமோ? கனமான பொருள்களாலான கப்பல் நீரில் மிதக்கின்றது. பின்னர் பொதுவிதிதான் என்னை? ஈண்டு காண்போம்.

ஒரு இரும்புத் துண்டை நீரில் போடும்போது அதன் எடை கீழ் நோக்கி உள்ளது. அதே நேரத்தில் அது விலக்கும்

நீரின் மிதப்பு விசை மேனோக்கி உள்ளது. இம்மிதப்பு விசையானது துண்டினல் விலக்கப்பெற்ற, அதாவது, அதன் கன அளவுள்ள நீரின் எடை எனக் கண்டோம். எனவே, இது துண்டின் எடையைக் காட்டிலும் குறைவு. எனவே, துண்டு நீரில் அமிழ்கிறது. தக்கையைப் போடும்போது தக்கையால் விலக்கப்படும் நீரின் எடை தக்கையின் எடையைவிட அதிகம், எனவே, தக்கை மேனோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. தக்கை நீரின் மேற்பரப்பிற்கு வந்து மிதக்கும்போது அதன் ஒரு பகுதி நீருக்கு மேலே உள்ளது; ஒரு பகுதி நீரில் அமிழ்ந்துள்ளது. எனவே, அதனல் விலக்கப்படும் நீரின் கன அளவு அதன் கன அளவைக் காட்டிலும் குறைவு. எனவே, மேனோக்கிய மிதப்பு விசையின் அளவு தக்கை நீருள் இருந்தபோது உள்ளதைவிடக் குறைவு. தக்கை சமநிலையில் உள்ளதால் இந்த மிதப்பு விசை தக்கையின் எடைக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். மேலும், தக்கையின் ஈர்ப்பு மையமும் மிதப்பு விசை மையமும் ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் இருக்கவேண்டும். இல்லெனின் சமநிலை குலையுமன்றே! இவ்விவாதம் தக்கைக்கன்றி எந்த ஒரு பொருளுக்கும் பொருந்தும். கப்பல் போன்றவற்றை எடுத்துக் கொண்டால் அவை நீரினும் திண்ணிய பொருட்களால் ஆயினவாயினும், அவற்ருல் விலக்கப்படும் நீரின் அளவு (அவை உட்கூடாய் அமைந்தமையால்) அதிகமாயிருக்கும் என்பதனைப் புரிந்து கொண்டால், அது மிதத்தலை உடன் அறிந்து கொள்ளலும் ஆகும்.

மேலே நாம் கண்ட விதிகளே மிதப்பு விதிகள் எனப் பெறும். அவற்றைக் கீழ்க்கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

(*i*) ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும்போது அதன் ஈர்ப்பு மையமும் அத்திரவத்தின் மிதப்பு விசை மையமும் ஒரே செங்குத்‌ கோட்டில் இருக்கும் ; இவற்றுள் மிதப்பு விசை மைய ஈர்ப்பு மையத்திற்குக் கீழே இருக்கும்.

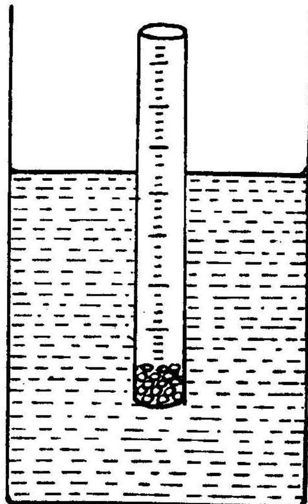
(*ii*) மிதக்கும் பொருளின் எடை அதனல் விலக்கப்படும் திரவத்தின் எடைக்குச் சமம்.

சோதனை 4·5

(அ) அமிழ்வு மாரு வகை சோதனைக்குழாய் மிதவையைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்.

ஒரே சீரான குறுக்களவை உடையதும், அடிப்புறம் தட்டையானதுமான ஒரு சோதனைக் குழாயை திரவமானியாகப் (Hydrometer) பயன்படுத்தலாம். இதற்காக, ஒரு வரைபடக் காகிதத் துண்டு ஒன்றினை இதன் உட்புறத்துள் செங்குத்தாக ஒட்டவேண்டும். தட்டையான அடிப்புறம் இல்லாத சோதனைக் குழாயாக இருந்தால் வரைபடத் தாளின் சுழிக் குறியானது குழாயின் அடியிலிருந்து அதன் ஆரத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்கு உயரத்தில் இருக்குமாறு ஒட்டவேண்டும். இதனுள் மணல் அல்லது ஈயக் குண்டுகளைப் போதுமான அளவு போட்டு. திரவமானியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

இந்த மிதவையை முதலில் நீருள்ள ஒரு சாடியில் மிதக்க விடவேண்டும். குழாய் செங்குத்தாக மிதக்கிறதா எனக் கவனிக்க வேண்டும். அவ்வாறில்லாவிடில் அதில் போதுமான ஈயக் குண்டுகளைப் போடவேண்டும். இப்போது குழாய், சாடியின் பக்கங்களைத் தொடாமல் இருக்கிறதா என்பதனையும், அதன்மீது நீர்க்குமிழிகள் இல்லை என்பதனையும் உறுதி செய்துகொண்டு, அது நீரில் அமிழ்ந்துள்ள ஆழத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு குழாயினை வெளியே எடுத்து அதன் வெளிப்புறத்தில் ஈரமில்லாமல் துடைத்துவிட்டு அதன் எடையைக் (w_1) காண வேண்டும். பிறகு இதனைத் திரவம் உள்ள ஒரு சாடியில் மிதக்கவிட்டு, அதில் நீரில் அமிழ்ந்திருந்த அதே ஆழம் மிதக்கும்படி அதனுள் ஈயக் குண்டுகளைப் போட்டோ அல்லது எடுத்தோ சரிசெய்ய வேண்டும். இப்போது அதனை வெளியில் எடுத்து, துடைத்து விட்டு எடையைக் (w_2) காண வேண்டும்.



படம் 4.11

நீரிலும், திரவத்திலும் குழாய் அமிழ்ந்திருந்த ஆழம் h எனவும், குழாயின் குறுக்களவு a எனவும், நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் அடர்த்திகள் முறையே d_1, d_2 எனவும் கொள்வோம்.

நீரில் மிதந்தபோது, குழாய் விலக்கிய நீரின் கன அளவு $= a \times h$. எனவே,
குழாய் விலக்கிய நீரின் எடை $= ahd_1$
ஆனால், மிதப்பு விதிப்படி இது குழாயின் எடைக்குச் சமம். எனவே,

$$ahd_1 = w_1 \longrightarrow 1$$

இஃதே போன்று,
குழாய் விலக்கிய திரவத்தின் எடை $= ahd_2$. எனவே,

$$ahd_2 = w_2 \longrightarrow 2$$

(2)-வதை (1)-ஆல் வகுக்க,

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{w_2}{w_1}.$$

ஆனால் $\frac{d_2}{d_1}$ என்பது திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி. எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{திரவத்தில் மிதவையின் எடை}}{\text{நீரில் மிதவையின் எடை}}$$

எண்	மிதவை அமிழ்ந்துள்ள ஆழம் h	நீரில் மிதக்கும் போது மிதவையின் எடை w_1	திரவத்தில் மிதக்கும் போது மிதவையின் எடை w_2	ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{w_2}{w_1}$
			சராசரி	

குழாயை வெவ்வேறு ஆழங்களில் மிதக்கவிட்டு இச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தி சராசரி ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணலாம்.

(ஆ) அமிழ்வு மாறும்வகை சோதனைக் குழாய் மிதவையைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல்:

முன் சோதனையில் விவரித்ததுபோல் ஒரு சோதனைக் குழாய் மிதவையை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இதனை முதலில் நீருள்ள சாடியில் செங்குத்தாக மிதக்கவிட்டு அது அமிழ்ந்துள்ள ஆழம் (h_1) ஐக் காண வேண்டும். இப்போது குழாயை வெளியில் எடுத்து, நன்றாகத் துடைத்துவிட்டு அதிலுள்ள ஈயக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றாமல், (அதாவது, மிதவையின் எடையை மாற்றாமல்,) திரவம் உள்ள சாடியில் மிதக்கவிட்டு அது அமிழும் ஆழத்தைக் (h) காண வேண்டும்.

முன்போல், d_1, d_2 ஆகியவை நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் அடர்த்திகள் எனவும், a என்பது குழாயின் குறுக்களவு எனவும், w என்பது மிதவையின் எடை எனவும் கொள்வோம்.

நீரில் மிதக்கையில்,

குழாய் விலக்கிய நீரின் கன அளவு $= a\times h_1$. எனவே,

குழாய் விலக்கிய நீரின் எடை $= ah_1d_1$. ஆனால்,

மிதப்பு விதிப்படி இது மிதவையின் எடைக்குச் சமம்.

எனவே,

திரவத்தில் மிதக்கையில், $ah_1d_1 = w \longrightarrow (1)$

குழாய் விலக்கிய திரவத்தின் கன அளவு $= a\times h_2$ எனவே,

குழாய் விலக்கிய திரவத்தின் எடை $= ah_2d_2$

இது குழாயின் மொத்த எடைக்குச் சமமாகையால்,

$$ah_2d_2 = w \longrightarrow (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளை ஒப்பிட, $ah_1d_1 = ah_2d_2$

அல்லது, $h_1d_1 = h_2d_2$

அல்லது, $\dfrac{d_2}{d_1} = \dfrac{h_1}{h_2}$ ஆனால்

$\dfrac{d_2}{d_1}$ என்பது திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி. எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{நீரில் அமிழும் ஆழம்}}{\text{திரவத்தில் அமிழும் ஆழம்}}$$

குழாயின் எடையை மாற்றி (ஈயக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றி) சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து

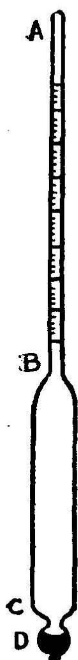
கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தி சராசரி ஒப்பு அடர்த்தியைக் கணக்கிடலாம்.

எண்	நீரில் அமிழ்ந்துள்ள ஆழம் h_1	திரவத்தில் அமிழ்ந்துள்ள ஆழம் h_2	ஒப்பு அடர்த்தி $=\frac{h^1}{h_2}$
		சராசரி	

திரவமானி (Hydrometer)

திரவங்களின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணப் பயன்படும் கருவி திரவமானி எனப்படும். எனவே, மேலே கண்ட சோதனைக் குழாய் மிதவைகள் திரவமானிகளே. இவற்றுள் அமிழ்வு மாறும் வகையைச் சார்ந்ததின் தத்துவத்தில் வேலை செய்வதும், திரவங்களின் ஒப்பு அடர்த்தியை நேராகக்கண்டு கொள்ளும் வகையில் அளவுக குறியீடு செய்யப்பட்டதும் ஆன ஒன்றுதான் சாதாரண திரவமானி (Common hydrometer) ஆகும். இது படம் 4.12–ல் காட்டியுள்ளதுபோல் ஒரு நீண்ட சீரான குறுக்களவு உடைய கண்ணாடிக் குழாயை (AB) உடையது. இக்குழாய், திரவமானியின் தண்டு (Stem) எனப்படும். தண்டின் மேற்புறம் மூடப்பெற்று கீழ்ப்புறமானது இதனினும் சற்று அகன்ற குறுக்களவுடைய குழாயுடன் (BC) உருக்கி இணைக்கப்பட்டிருக்கும். BC-ன் அடிப்பகுதியில் ஒரு சிறு குமிழ் (D) உள்ளது. இதில் பாதரசம் எடுத்துக்கொள்ளப் பெற்றிருக்கும். இதனால் திரவமானி திரவங்களில் செங்குத்தாக மிதக்க ஏதுவாகின்றது. தண்டானது திரவங்களின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காட்டும்படி அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும்.

திரவமானி ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும்போது அதன் எடைக்குச் சமமான திரவத்தை விலக்கும். ஆதலால், அடர்த்தி குறைந்த திரவத்தில் அதிக ஆழமும், அடர்த்தி மிகுந்த திரவத்தில் குறைந்த ஆழமும் மிதக்கும் என்பதுத் தெளிவு. எனவே, இதில் அளவுக் கோடுகள் மேலிருந்து கீழாக அதிகரிக்கும். மேலும் இதன் முழுப் பகுதியும் ஒரே குறுக்களவுடன் இல்லாமையால் திரவங்களின் அடர்த்திகளின் சம வேறுபாடுகளைக் குறிக்கும் கோடுகள் சம தூரங்களில் இருக்காது. சம தூரங்களில் கோடுகள் போட்டு அளவுக் குறியீடு செய்தால் அவை குறிக்கும் அடர்த்திகள் சம வேறுபாடுகளுடன் இருக்காது.



படம் 4.12

நீரைக் காட்டிலும் அடர்த்தி குறைந்த திரவங்களுக்கென ஒரு திரவமானியும் (இது 1.0 லிருந்து 0.8 வரையுள்ள அடர்த்திகளைக் காட்டும்) நீரைவிட அடர்த்திமிக்க திரவங்களுக்கென ஒன்றும் (இது 1.2 வரையுள்ள அடர்த்திகளைக் காட்டும்) என இருவேறு திரவமானிகளைப் பயன்படுத்துவது வழக்கம்.

பாலில் எவ்வளவு நீர் கலந்துள்ளது என்பதனைக்காண்பிக்க ஒரு தனி திரவமானி கையாளப்படுகிறது. இது பால்மானி (lactometer) எனப்படும். அவ்வாறே, மின்கல அடுக்குகளிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்த்தியைக் காண்பதற்கும் தனி வகைத் திரவமானி உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1) 0. 915 ஒப்பு அடர்த்தியுள்ள ஒரு பனிப்பாறை கடல் நீரில் மிதக்கிறது. கடல் நீரின் ஒப்பு அடர்த்தி 1.03 ஆனால் பனிப்பாறையின் எவ்வளவு பகுதி கடலில் அமிழ்ந்திருக்கும்? பனிப்பாறையின் மொத்த கன அளவு V கன செ.மீ. எனக் கொள்வோம். அப்போது,

பனிப்பாறையின் எடை $= V \times 0{\cdot}915$ கிராம்

மிதப்பு விதிப்படி, இது, இதனால் விலக்கப்பட்ட கடல் நீரின் எடைக்குச் சமம். எனவே,

$$\left.\begin{array}{r}\text{இதனால் விலக்கப்பட்ட கடல் நீரின்}\\ \text{கன அளவு}\end{array}\right| = \frac{V \times 0{\cdot}915}{1.03} \text{ கன செ.மீ.}$$

ஆனால், இதுதான் கடலுக்குள் அமிழ்ந்துள்ள பாறையின் கன அளவு. எனவே,

$$\left.\begin{array}{r}\text{கடலுள் அமிழ்ந்துள்ள}\\ \text{பாறையின் பகுதி}\end{array}\right| = \frac{V \times 0{\cdot}915}{1.03 \times V}$$

$$= \frac{0{\cdot}915}{1{\cdot}03}$$

$$= 0{\cdot}8884 \text{ பகுதி}$$

2) அரைக்கோள வடிவத்திலுள்ள ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தின் எடை 200 கிராம். இதன் விட்டம் 20 செ.மீ. இது நீரில் மிதக்கிறது. இதனை மூழ்கடிக்காமல் இதனுள் எவ்வளவு பாதரசம் எடுக்க முடியும்?

w கிராம் பாதரசத்தை எடுத்துக் கொள்ளும்போது பாத்திரம் முழுதும் அமிழ்ந்த நிலையில் மிதப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது,

$$\left.\begin{array}{r}\text{பாத்திரத்தால் விலக்கப்படும் நீரின்}\\ \text{கன அளவு}\end{array}\right\} = \frac{2}{3}\pi r^3$$

$$= \frac{2}{3}\pi\, 10^3 \text{ கன செ.மீ.}$$

$$\begin{array}{l}\text{பாத்திரத்தால் விலக்கப்படும்}\\ \text{நீரின் கனஅளவு}\end{array} = \frac{2}{3}\pi\, 10^3 \text{ கிராம்.}$$

ஆனால், மிதப்பு விதிப்படி இது மிதவையின் எடையாகும். எனவே,

$$w + 200 = \frac{2}{3}\pi\, 10^3$$

அல்லது, $w + 200 = 2094$

அல்லது, $w = 1894$ கிராம்.

வளி அழுக்கம்

நம் நிலஉலகைச் சுற்றி பல கிலோ மீட்டர்கள் உயரம் வரை காற்று சூழ்ந்திருக்கிறது. இதனை வளிமண்டலம் என அழைக்கிறோம். வளிமண்டலம் ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன், சிறிதளவு கார்பன்-டை ஆக்சைடு, நீராவி, தூசி, ஆர்கான், நியான் போன்ற அரிய வாயுக்கள் ஆகியவை கலந்த ஒரு வாயுக் கலவையால் ஆனது. இந்த வாயுவிற்கும் திரவங்களைப் போன்று எடை உண்டு; இவை தாம் படும் மேற்பரப்புகளின் மீது அழுக்கத்தைச் செலுத்தும். இவற்றைச் சிறு சோதனைகளால் காட்டலாம். ஒரு பெரிய கண்ணாடிக் கோளத்தைக் காற்றால் நிரப்பி முதலில் எடை கண்டு கொண்டு பின்னர் அதிலுள்ள காற்று முழுவதையும் வெளியேற்றி மீண்டும் எடையைப் பார்த்தால் அது குறைந்திருக்கக் காணலாம். எனவே, காற்றுக்கு எடை உண்டு என்பது தெரிகிறது. ஒரு கண்ணாடி டம்ளர் நிறைய நீர் நிரப்பி, ஒரு காகித அட்டையால் அதன் வாயை மூடி, அட்டையை அழுத்திக் கொண்டு, டம்ளரைத் தலைகீழாகக் கவிழ்த்து, கையை எடுத்துவிட்டால் அட்டை கீழே விழாமல் இருக்கக் காணலாம். அட்டையின் அடிப்புறத்தே உள்ள காற்று அதனை மேல் நோக்கி அழுத்துவதாலேயே நீரின் எடையால் கீழே விழவேண்டிய அட்டை விழாமல் நிற்கிறது. காற்றுக்கு அழுக்கம் உள்ளதாலேயே அல்லவா ரப்பர் குழாய்களில் காற்றை அடைத்து சக்கரங்களாகப் பயன்படுத்த முடிகிறது! காற்றிற்கு அழுக்கம் உண்டென்பதை ஒரு கவர்ச்சியான முறையில் முதன் முதல் செய்து காட்டியவர், ஆட்டோவான்கெரிக் என்பவர் ஆகும்.

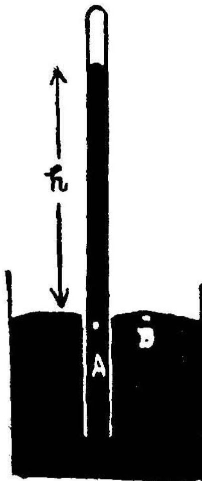
ஒன்றோடொன்று இடைவெளியில்லாமல், காற்று புகாமல், நன்கு பொருந்தக்கூடிய இரு அரைக் கோளங்களை ஒன்றாகப் பொருத்தி, அவற்றினுள் உள்ள காற்று முழுவதையும் ஒரு பம்பின் உதவியால் வெளியேற்றி விட்டார். அப்போது, அவற்றைப் பிரிக்க முடியவில்லை. பக்கத்திற்கு எட்டு குதிரைகளைக்கட்டி இழுத்தும் பயனில்லை. இதனை ஜெர்மன் மாமன்னன் முன்னிலையில் மாக்டிபர்க் எனுமிடத்தில் முதன் முதல் செய்ததால், இக்கோளங்கள் மாக்டிபர்க் கோளங்கள் எனப் பெயர் பெற்றன.

பாரமானி (Barometer)

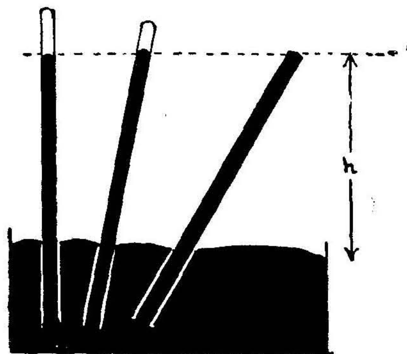
வளியின் அழுக்கத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கான வழியை வகுத்துத் தந்தவர் புகழ் பெற்ற அறிஞர் கலிலியோவின்

மாணவர் டாரிசெல்லியாகும். வளி அமுக்கத்தைக் காணப் பயன்படும் கருவி பாரமானி எனப்பெறும்.

ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் நீளமுடையதும் ஒரு பக்கம் மூடியதுமான ஒரு தடித்த கண்ணாடிக் குழாயை பாதரசத்தால் நிரப்ப வேண்டும். உட்புறம் காற்றுக் குமிழ்கள் ஏதும் இருக்கக்



படம் 4.13



படம் 4.14

கூடாது. இதன் திறந்த முனையைக்கட்டை விரலால் மூடிக் கொண்டு, தலைகீழாகக் கவிழ்த்து பாதரசம் உள்ள ஒரு தொட்டியினுள் வைத்து விரலை எடுத்து விட வேண்டும். குழாயிலுள்ள பாதரசம் சிறிது தொட்டியில் இறங்கிய பின் குழாயில் பாதரச மட்டம் நிலையாக நின்றுவிடும். குழாயில் இம் மட்டத்திற்குமேல் வெற்றிடம் (vacuum) தான் உள்ளது. இதனை மேற்கண்டவாறு உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளலாம். செங்குத்தாக நிறுத்திய குழாயினை இலேசாக சாய்த்தால் வெற்றிடத்தின் நீளம் குறையும். மேலும் மேலும் சாய்த்துக் கொண்டே சென்றால் ஒரு நிலையில் வெற்றிடம் மறைந்து குழாய் முழுவதும் பாதரசம் நிரம்பி இருக்கும். பாதரசத்திற்கு மேலிருந்த இடத்தில் காற்று இருந்திருக்குமானால் இது இயலாத ஒன்றாகும். எனவே வெற்றிடமே. இது டாரிசெல்லின் வெற்றிடம் எனப்பெறும்.

இப்போது, தொட்டியில் பாதரச மட்டத்திற்கும் குழாயில் பாதரச மட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள செங்குத்து உயரத்தை அளந்தால் (h) அதுவே வளி அழுக்கமாகும். ஏனெனில், தொட்டியில் பாதரசமட்டத்திலுள்ள B என்ற புள்ளியையும், அதே கிடைமட்டத்தில் குழாயினுள் A என்ற புள்ளியையும் எடுத்துக்கொள்வோம். (படம் 4.13) இப்போது, B-ன்மீது காற்று தன் அழுக்கத்தைச் செலுத்துகிறது. A-ன்மீது பாதரசத் தூண் அழுக்கம் உள்ளது. B உம் A உம் ஒரே கிடைமட்டத்தில் உள்ளனவாதலால் இவ்விரு அழுக்கங்களும் சமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே வளி அழுக்கமானது h செ.மீ. உயரமுடைய பாதரசத்தின் அழுக்கத்திற்குச் சமம். இந்த வகைப் பாரமானி பாதரசப் பாரமானி என்றும், தொட்டி பாரமானி என்றும் பெயர் பெறும்.

பாதரசத்திற்குப் பதிலாக நீரைப் பயன்படுத்தியும் பாரமானி அமைக்கலாம். இதன் உயரம் h செ. மீ. எனக்கொள்வோம். எனவே, h செ.மீ. உயரமுடைய நீர்த்தூணின் அழுக்கம் வளி அழுக்கமாகும்; அல்லது, இது பாதரசப் பாரமானியின் உயரம் 76 செ. மீ. ஆனால் 76 செ. மீ. உயரமுடைய பாதரசத் தூணின் அழுக்கத்திற்குச் சமம். எனவே பாதரசத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி 13·6 எனக் கொண்டால்,

$$h \times 1 \times g = 76 \times 13{\cdot}6 \times g$$

அல்லது, $h = 76 \times 13{\cdot}6$

அல்லது, $h = 1034$ செ. மீ.

அல்லது, $h = 33{\cdot}9$ அடி.

தூர வளி அழுக்கம்

வளி அழுக்கம் என்பது நாம் எந்த இடத்தில் காண்கிறோமோ அந்த இடத்தின்மீதுள்ள வளிமண்டலத்தின் அழுக்கமெனக் கண்டோம். எனவே, நாம் உயரத்திற்குச் செல்லச் செல்ல வளிமண்டலத்தின் உயரம் குறைவதால் வளி அழுக்கமும் குறையும். மேலும், உயரச்செல்லச் செல்ல காற்றின் அடர்த்தியும் படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டே சென்று, இறுதியில் இல்லையெனவாகிவிடும். எனவே, உயரம் அதிகரிக்க, வளி அழுக்கம் குறையும். வளி அழுக்கம் கடல் மட்டத்தில் பெருமமாக இருக்கும். இது இடத்தின் அட்ச ரேகையையும் (latitude), தட்பவெப்ப நிலைகளையும் பொறுத்

திருப்பதால் ஒப்பீட்டிற்காகவேண்டி தர வளி அமுக்கம் (Standard atmospheric Pressure) என்ற ஒன்று வரையறுக்கப் படுகிறது.

45° அட்சரேகையில், சராசரி கடல்மட்டத்தில் $O°$ செ.கி. வெப்ப நிலையில் 76 செ. மீ. உயரமுடைய பாதரசத்தூணின் அமுக்கமே ஒரு தர வளி அமுக்கம் ஆகும்.

$O°$ செ.கி. வெப்பநிலையில் பாதரசத்தின் அடர்த்தி 13·595 கிராம்/கன செ. மீ. ஆனதாலும், 45° அட்சரேகையில் சராசரி கடல் மட்டத்தில் புவிஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சி $g = 980{\cdot}616$ செ.மீ./விநாடி/விநாடி ஆனதாலும்,

வளி அமுக்கம் $= 76 \times 13{\cdot}595 \times 980{\cdot}616$ டைன்கள்/சதுர செ.மீ.

$= 1,013,229$ டைன்கள்/சதுர செ. மீ.

வானிலையியலில் (Meteorology) பார், மில்லிபார் என்ற அலகுகளில் வளி அமுக்கத்தை அளக்கிறார்கள். ஒரு பார் (Bar) என்பது 10^6 டைன்/சதுர செ.மீ. ஆகும். மில்லிபார் என்பது இதில் 1000-ல் ஒருபகுதி.

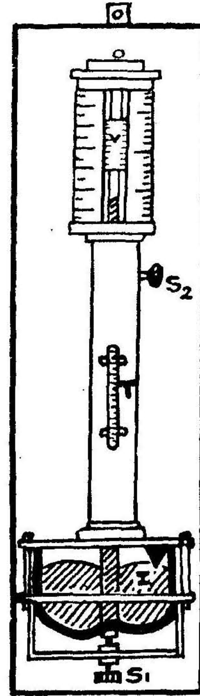
உயர்ந்த அமுக்கங்களை அளக்கும்போது ஒரு வளி அமுக்கம், இரண்டு வளி அமுக்கம் என வளி அமுக்கத்தையே அலகாகப் பயன்படுத்துவது வழக்கம்.

ஃபார்ட்டின் பாரமானி (Fortin's barometer)

ஒரு சாதாரணத் தொட்டி பாரமானியைக் கொண்டு வளி அமுக்கத்தைக் காணலாமெனினும், அதில் ஒவ்வொருமுறையும் தொட்டியிலுள்ள பாதரச மட்டத்தின் அளவு, குழாயில் பாதரச மட்டத்தின் அளவு என்ற இரண்டினையும் காண வேண்டும். மேலும், இதில் ஒரு சாதாரண மீட்டர்கோலையே பயன்படுத்தலான், உயரத்தை மிகத் திருத்தமாக அளக்க முடியாது. இதற்கென, இதேமுறையில் அமைக்கப்பெற்ற ஒரு பாரமானியே, ஃபார்டின் பாரமானியாகும். இதுவே ஆய்வுக் கூடங்களில் பயன்படுகிறது.

ஏறத்தாழ 90 செ.மீ. நீளமுள்ள, மேற்புறம் மூடப்பெற்று கீழ்ப்புறம் திறந்துள்ள, ஒரு தடித்த கண்ணாடிக் குழாய் நன்கு வெற்றிடமாக்கப்பட்டபின் காற்றுக் குமிழ்கள்

இல்லாமல், முழுதும் தூய பாதரசத்தால் நிரப்பப்பெற்று ஒரு சிறு பாதரசத் தொட்டியில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தத் தொட்டி கண்ணுடியால் ஆனது; அடிப்புறம் தோலால் மூடப் பெற்றது. இத்தோல் அடிப்பகுதியின் கீழுள்ள S_1 எனும் திருகினைத் திருப்பி தொட்டியிலுள்ள பாதரச மட்டத்தை உயர்த்தவோ அல்லது தாழ்த் தவோ முடியும். தொட்டியின் மேற்புறம் நுண் துளைகள் உள்ள ஒரு தகட்டினுல் மூடப்பெற்றிருக் கும். இத்துளைகள் வழியாகத் தொட்டியிலுள்ள பாதரசம் வெளிக் காற்றுடன் தொடர்பு கொள்கிறது. பாரமானிக் குழா யானது பாதுகாப்பாக ஒரு பித்த ளைக் குழாயினுள் அமைக்கப்பட் டுள்ளது. இப்பித்தளைக் குழாயின் மேல்பகுதியில் எதிரும் புதிருமாக இரு நீண்ட துளைகள் வெட்டப் பட்டுள்ளன. இத்துளைகள் வழி யாகப் பாரமானிக் குழாயையும் அதிலுள்ள பாதரசத்தின் மேல் மட்டத்தையும் காணலாம். இத் துளைகளின் ஒரு விளிம்பில் செ.மீ. அளவுகோலும், மற்றொரு விளிம் பில் அடிக்கோலும் குறிக்கப்பட் டுள்ளன. செ. மீ. அளவுகோலில் 68 லிருந்து 82 செ.மீ. வரை இருக் கும்; அடி அளவுகோலில் 27 லிருந்து 32 அங்குலம் வரை இருக் கும். இந்த இரு அளவுகோல் களின் ஆரம்பமும், அதாவது *O* அளவு, தொட்டியில் மேல்தகட் டிலிருந்து கீழ்நோக்கிப் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு தந்த குறி முள்ளின் (*I*) முனையில் உள்ளது. எனவே, தொட்டியில் பாதரச மட்டம் இக்குறிமுள்ளைத் தொடும்படி செய்தால் குழா யில் பாதரச மட்டத்திற்கு நேராக உள்ள அளவு நேரடியாக வளி அழுக்கத்தைக் கொடுக்கும். இவ்விரு அளவுகோல்களுக் கும் இரு வர்னியர்கள் ஒரு பித்தளைத் துண்டின் இரு ஓரங்களி லும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இப்பித்தளைத் துண்டிற்கு இணை யாகப் பிறிதொரு பித்தளைத்துண்டு பின்புறத் துளையின் ஊடு



படம் 4.15

இயங்குகிறது. S_2 எனும் ஒரு திருகினைத் திருப்பி வர்னியரை யும், பின்புறமுள்ள பித்தளைத் துண்டையும் சேர்ந்தாற்போல் மேலோ அல்லது கீழோ நகரச் செய்யலாம். வர்னியர், பின் புறத்துண்டு இரண்டின் அடி விளிம்புகள் ஒரே கிடைத்தளத் தில் இருக்கும். வர்னியருக்கும் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத் திற்கும் இடையுள்ள வெளியைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்காக வேண்டி குழாயின் பின்புறம் பால் வண்ணத்தில் ஒரு கண் ணாடித் துண்டு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பாரமானி முழுவ தும் கண்ணாடிக் கதவுகள் உடைய ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டு, ஓரிடத்தில் நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். வளி அழுக்கத்தை எந்த வெப்பநிலையில் காண்கிறோம் என்ப தைக் கண்டுகொள்வதற்கென இப்பெட்டிக்குள் ஒரு வெப்ப மானி (Thermometer) பொருத்தப்பெற்றிருக்கும்.

ஃபார்டின் பாரமானியால் வளி அழுக்கத்தைக் காண் பதற்கு, முதலில் வர்னியரின் அதமவளவைக் காணவேண்டும். பின்னர் கீழ்க்கண்டவாறு பாரமானியைச் சரி செய்யவேண்டும்.

(1) S_1 திருகைத் திருப்பி தொட்டியிலுள்ள பாதரச மட்டம் தந்தக் குறிமுள்ளின் நுனியைத் தொடும்படிச் செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் குறிமுள்ளின் நுனியும் பாதரசத் தில் அதன் பிம்பத்தின் நுனியும் ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு செய்வதால் பாதரசமட்டம் அளவு கோலின் சுழியோடு பொருந்துகிறது.

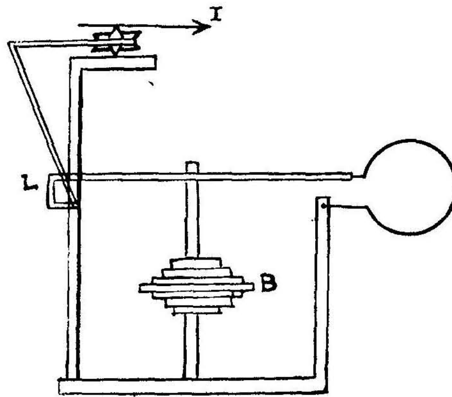
(2) S_2 திருகினைத் திருகி வர்னியரும், பின்துண்டும் குழா யில் பாதரச மட்டத்திற்கு நன்கு மேலே இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். வர்னியரின் அடி விளிம்பும் பின் துண்டின் அடி விளிம்பும் உள்ளக் கிடைக்கோட்டில் கண்ணை வைத்துக் கொண்டு வர்னியரை மெதுவாகக் கீழே இறக்கி, பார்வைக் கோடு பாதரச பிறைத்தலத்தை (meniscus) தொடும்படிச்செய்ய வேண்டும்.

வர்னியரின் சுழியானது வர்னியர் துண்டின் அடிவிளிம்பில் உள்ளதால் இந்நிலையில் வர்னியர் காட்டும் அளவே வளி அழுக்கமாகும். எனவே, முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவையும், வர்னியர் ஒன்றிப்பையும் குறித்துக் கொண்டால்,

வளி அழுக்கம் = முதன்மை அளவுகோல் காட்டும் அளவு + வர்னியர் ஒன்றிப்பு × அதமவளவை

அனிராய்டு பாரமானி (Aneroid Barometer)

ஃபார்டின் பாரமானியை எளிதில் ஓரிடத்திலிருந்து வேறிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லமுடியாது. எனவே, எளிதில் எங்கும் எடுத்துச்செல்ல ஏலும் வகையில் ஒரு பாரமானி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதுவே அனிராய்டு பாரமானியாகும். அனிராய்டு என்றால் திரவம் இல்லாதது எனப்பொருள்படும். எனவே, இதில் பாதரசமோ அல்லது வேறு எந்தத் திரவமோ பயன்படுத்தப் பெறவில்லை. இது வட்டமான ஒரு உலோகப் பெட்டியை (*B*) உடையது. இப்பெட்டி மடிப்புகள் நிறைந்த ஒரு மெல்லிய தகட்டினால் ஆன இடைத் திரையால் (diaphragm) மூடப்பட்டுள்ளது. இப்பெட்டியினுள் உள்ள காற்று ஓரளவிற்கு வெளியேற்றப்பட்டுள்ளது. எனவே, பெட்டியினுள் ஒரு அரைகுறை வெற்றிடம் உள்ளது. எனவே, இப்பெட்டியை அமுக்கிக் கொண்டிருக்கும் காற்றின் அமுக்கத்தில், அதாவது வளி அமுக்கத்தில் ஏதும் மாறுதல் ஏற்பட்டால், அம்மாற்றம் இடைத்திரையின் நிலையிலும் அதற்கு நேர்விகிதத்தில் ஒரு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த மாற்றம் ஒரு நெம்புகோல் அமைப்பினால் (*L*) பல மடங்காகப் பெருக்கப்பட்டு ஒரு குறிமுள்ளை (*I*) இயக்குகிறது. இக்குறிமுள் ஒரு வட்ட அளவு



படம் 4.16

கோலின்மீது நகருகின்றது. ஒரு ஃபார்ட்டின் பாரமானியோடு ஒப்பிட்டு இந்த அளவுகோல் அளவுக்குறியீடு செய்யப்படுகிறது. எனவே, நேரடியாக வளி அமுக்கத்தைக் கண்டு கொள்ளலாம்.

உயரச் செல்லச் செல்ல வளி அமுக்கம் குறையும் என முன்னரேப் பார்த்தோம். எனவே, ஓரிடத்தில் வளி அமுக்கம் தெரிந்தால் அந்த இடத்தின் உயரத்தைக் கணக்கிட்டுவிடலாம். இவ்வாறு கணக்கிட்டு அனிராய்டு பாரமானியின் முகப்பில் (dial) வளி அமுக்கத்திற்குப் பதிலாக உயரத்தையே குறித்து விட்டால் இது உயரமானி (altimeter) ஆகிவிடுகிறது.

பாயில் விதி (Boyle's law)

திடப்பொருள், திரவப்பொருள் ஆகியவற்றை அமுக்குவதால் அவற்றின் கன அளவு எளிதில் மாறுவதில்லை. ஆனால் வாயுக்கள் அவ்வாறல்ல ; சிறு அமுக்கமும் அதன் கன அளவில் பெரும் மாறுதலைச் செய்யக்கூடும். ஒரு வாயுவின் வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கும்போது அதன் அமுக்கத்திற்கும் கன அளவிற்கும் உள்ள தொடர்பினை ராபர்ட் பாயில் (Robert Boyle) ஒரு விதியாகத் தந்தார். அப்பாயில் விதியாவது :

வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய ஒரு வாயுவின் அமுக்கம் அதன் கன அளவிற்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை (m) உடைய ஒரு வாயுவின் அமுக்கம் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் P ஆகவும் அதன் கன அளவு V ஆகவும் இருந்தால், பாயில் விதிப்படி $P \propto \frac{1}{V}$

அல்லது, $PV =$ ஒரு மாறிலி.

இந்த நிலையில் வாயுவின் அடர்த்தி d ஆனால், $V = \frac{m}{d}$

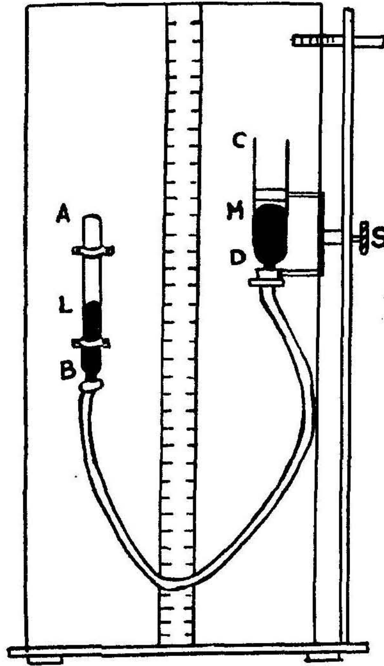
எனவே, $P \propto \frac{d}{m}$. அல்லது, $P \propto d$. அல்லது, $\frac{P}{d} =$ ஒரு மாறிலி. எனவே. பாயில் விதியைக் கீழ்க்கண்டவாறும் கூறலாம்.

வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு வாயுவின் அமுக்கம் அதன் அடர்த்திக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

சோதனை 4.6

பாயில் விதியைச் சரி பார்த்தல்

இதற்கு பாயில் விதிக் கருவி எனப்படும் ஒன்றினைப் பயன் படுத்தலாம். இது சீரான குறுக்கு வெட்டும், மேற்புறம் மூடியதும் கீழே திறந்துள்ளதுமான ஒரு கண்ணாடிக் குழாயை (*AB*) உடையது. இது இருபுறமும் திறந்துள்ள மற்றொரு



படம் 4.17

கண்ணாடிக் குழாயோடு (*CD*) ஒரு ரப்பர் குழாயால் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த இரண்டாவது குழாய் பாதரசத் தேக்க மாகப்பயன்படும். இவை ஒரு செங்குத்தானத் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. *AB* குழாய் நிலையாகப் பொருத்தப் பெற்றிருக்கும்; ஆனால் *CD* ஐ மேலும் கீழும் நகர்த்தவோ அல்லது நாம் விரும்பிய இடத்தில் நிலை நிறுத்தவோ முடியும். இரு குழாய்களுக்கும் இடையில் ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பெற்றிருக்கும்.

CD குழாயில் பாதரசத்தை ஊற்றி அது ரப்பர் குழாய் முழுவதையும். AB, CD-களின் ஒரு பகுதியையும் நிரப்பும்படிச் செய்யவேண்டும். இதனால் AB யினுள் ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய காற்று அடைக்கப்படுகிறது. இக்காற்றின் கன அளவு குழாயில் காற்று உள்ள பகுதியின் நீளத்திற்கு (AL) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். ஏனெனில், நாம் ஒரே சீரான குறுக்கு வெட்டுள்ள குழாயையே எடுத்துக்கொண்டோம். எனவே, அறையின் வெப்பநிலையில் இந்த அளவு காற்றின் அமுக்கம் அதன் கன அளவிற்கு எதிர்விகிதத்தில் உள்ளதெனக் காட்டி பாயில் விதியை சரிபார்ப்பதற்குப் பதிலாக, அமுக்கம் இந்த நீளத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் உள்ளதெனக் காட்டினால் போதும்.

இப்போது பாதரசத் தேக்கத்தின் நிலையைச் சரி செய்வதன் வாயிலாக இரு குழாய்களிலும் பாதரச மட்டங்கள் (L, M ஆகியவை) ஒரே கிடைமட்டத்தில் இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் AB-ல் உள்ள காற்றின் அமுக்கம் P வளி அமுக்கத்திற்குச் (H) சமம். மூடிய குழாயிலுள்ள காற்றுத் தூணின் நீளம் ($AL=l$)ஐக் கண்டு $P \times l$ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

திறந்த குழாயை மேலே உயர்த்த பாதரசமட்டமும் (M) உயரும். அதே நேரத்தில் மூடிய குழாயிலுள்ள காற்றுத் தூணின் நீளம் குறையும். இக்காற்றின் அமுக்கம் வளி அமுக்கத்தைவிட அதிகம். இரு குழாய்களிலும் உள்ள பாதரச மட்டங்களுக்கிடையே உள்ள செங்குத்து உயரம் ($LM=h$)ஐக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இப்போது AB-ல் உள்ள காற்றின் அமுக்கம் $P=H \times h$ ஆகும். மீண்டும், $P \times l$ஐக் கணக்கிட வேண்டும். திறந்த குழாயின் பாதரச மட்டம் மூடிய குழாயிலுள்ளதைவிட உயர்ந்துள்ள பல நிலைகளில் $P \times l$ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

பிறகு, திறந்த குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் மூடியதில் உள்ளதைவிடத் தாழ்ந்திருக்கும்படி வைத்து சோதனையைப் பலமுறை செய்யவேண்டும். இப்போது, இரு பாதரச மட்டங்களுக்கும் இடையேயுள்ள செங்குத்து உயரம் h ஆனால், மூடிய குழாயிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் $P=H-h$. இப்போதும் $P \times l$ ஐக் கணக்கிட வேண்டும். எடுக்கும் அளவுகளை அடுத்தப் பக்கத்தில் உள்ளவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

எண்	மட்டங்கள்			காற்றுத் தூணின் நீளம் $AL=l$	பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாடு $LM=h$	காற்றின் அழுக்கம் $P = H \pm h$	$P \times l$
	A	L	M				

திறந்த குழாயில் பாதரச மட்டம் மூடிய குழாயிலுள்ளதற்கு ஒரே மட்டத்திலோ, உயர்ந்தோ அல்லது தாழ்ந்தோ உள்ள எல்லா நிலைகளில் எடுக்கப்பட்ட அளவுகளிலும் $P \times l$ ஒரு மாறிலியாக இருக்கக் காணலாம். ஆனால் காற்றின் கன அளவு (V) l-க்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளதென முன்னமேயே கூறினோமாகலின் $P \times V =$ ஒரு மாறிலி. அல்லது, $P \propto \frac{1}{V}$.

இதுவே பாயில் விதி அன்றோ !

காற்றுக்குப் பதிலாக வேறு எந்த வாயுவினை மூடிய குழாயினுள் எடுத்துக்கொண்டும், இச்சோதனையைச் செய்தாலும் இதே முடிவைப் பெறலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு உலோகத் துண்டு (ஒப்பு அடர்த்தி$=8$) காற்றில் 800 கிராம் எடை உள்ளது. வெற்றிடத்தில் இது என்ன எடை இருக்கும்? (காற்றின் ஒப்பு அடர்த்தி $= 0{\cdot}0013$).

காற்றில் இதன் எடையைக் காணும்போது, இதன் எடை கீழ்நோக்கி தொழிற்படுகிறது. அதே நேரத்தில் இதனால் விலக்கப்படும் காற்றின் எடை (மிதப்பு விசை) மேனோக்கித் தொழிற்படுகிறது. எனவே, பொருளில் காற்றின் எடை என நாம் காணுவது $=$ வெற்றிடத்தில் எடை $-$ மிதப்பு விசை.

இப்போது, பொருளின் கன அளவு $= \frac{800}{8} = 100$ கன செமீ

எனவே, சம கன அளவு காற்றின் எடை $= 100 \times 0{\cdot}0013$

$= 0{\cdot}13$ கிராம்.

எனவே, வெற்றிடத்தில் பொருளின் எடை $= 800 + 0{\cdot}13$

$= 800{\cdot}13$ கிராம்.

(2) ஓரிடத்தில் பாதரசப் பாரமானியின் உயரம் 68 செ.மீ. பாதரசத்திற்குப் பதில் $0{\cdot}9$ ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள ஒரு திரவத்தைப் பயன்படுத்தினால் அங்கே பாரமானியின் உயரம் என்ன இருக்கும்? பாதரசத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி $= 13{\cdot}6$ திரவ பாரமானியின் உயரம் h செமீ. எனக்கொள். அப்போது, h செ.மீ. உயர திரவத் தூணின் அமுக்கம் $=$ 68 செ.மீ. உயர பாதரசத் தூணின் அமுக்கம்.

எனவே, $h \times 0{\cdot}9 \times g = 68 \times 13{\cdot}6 \times g$

அல்லது, $h = \frac{68 \times 13{\cdot}6}{0.9}$

$= 1028$ செ.மீ.

$= 10{\cdot}28$ மீட்டர்

(3) ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலும், கீழும் வளி அமுக்கங்கள் முறையே 75·505 செ.மீ., 75·981 செ.மீ. என ஒரு பாரமானி காட்டுகிறது. கோபுரத்தின் உயரத்தைக் கணக்கிடு. பாதரசத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி = 13·6. காற்றின் ஒப்பு அடர்த்தி = 0·0013.

கோபுரத்தின் உயரம் = H செ.மீ. எனக்கொள்வோம். இந்த H செ.மீ. உயரமுடைய காற்றுத் தூணின் அமுக்கமே கோபுரத்தின் கீழும், மேலும் உள்ள வளி அமுக்க வேறுபாட்டிற்குக் காரணம் ஆகும்.

H செ.மீ. காற்றின் அமுக்கம் $= H \times 0{\cdot}0013 \times g$ டைன் சதுர/செ.மீ.

$= H \times 0{\cdot}0013$ கிராம் எடை. செ.மீ.

மேலும், கீழும் உள்ள வளி அமுக்க வேறுபாடு. $= 75{\cdot}981 - 75{\cdot}505$

$= {\cdot}476$ செ.மீ. பாதரசம்

$= 0{\cdot}476 \times 13{\cdot}6$ கிராம் எடை. சதுர செ.மீ.

எனவே, $H \times 0{\cdot}0013 = 0{\cdot}476 \times 13{\cdot}6$

அல்லது, $H = \frac{0{\cdot}476 \times 13{\cdot}6}{0\ 0013}$ செ.மீ.

அல்லது, $H = 4979$ செ.மீ.

அல்லது, கோபுரத்தின் உயரம் $= 49{\cdot}79$ மீட்டர்.

(4) மீள் திறனுடைய ஒரு பையில் ஒரு வளி அமுக்கத்தில் 36 கன அடி காற்று உள்ளது. இது ஒரு ஏரியினுள் 99 அடி ஆழம் அமுக்கிவைக்கப்பெற்றால் இதன் கன அளவு என்ன இருக்கும்? (1 வளி அமுக்கம் = 33 அடி நீர்).

தொடக்கத்தில் :

பையிலுள்ள காற்றின் அழுக்கம் $P_1 = 33$ அடி நீர்

பையிலுள்ள காற்றின் கன அளவு $V_1 = 36$ கன அடி.

நீரில் 99 அடி மூழ்கியுள்ளபோது :

பையிலுள்ள காற்றின் அழுக்கம் $P_2 = 33+99$

$= 132$ அடி நீர்

பையிலுள்ள காற்றின் கன அளவு $V_2 = ?$

பாயில் விதிப்படி,

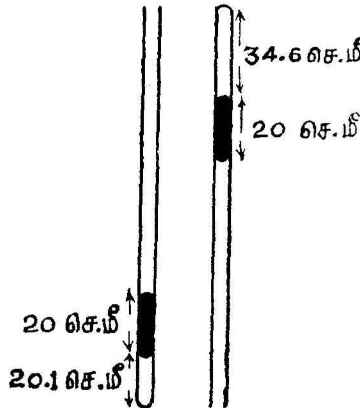
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

எனவே, $33\times 36 = 132\times V_2$

அல்லது, $V_2 = \frac{33\times 36}{132}$

அல்லது, $V_2 = 9$ கன அடி

(5) ஒரே சீரான குறுக்களவு உடையதும், ஒரு பக்கத்தில் மூடப்பட்டதுமான ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினுள் 20 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு பாதரச இழை உள்ளது. குழாயினை, திறந்த



படம் 4.18

வாய் மேலாக இருக்கும்படி செங்குத்தாக வைக்கும்போது, குழாயினுள் மூடிய முனைக்கும் பாதரசத்திற்கும் இடையில் அடைப்பட்ட காற்றுத் தூணின் நீளம் 20·1 செ.மீ. ஆகவும்,

குழாயைத் தலைகீழாகத் திருப்புகையில் 34·6 செ.மீ. ஆகவும் உள்ளது. வளி அமுக்கத்தைக் கணக்கிடு.

வளி அமுக்கம் = H செ.மீ. பாதரசம் எனக்கொள்வோம். சீரான குறுக்களவு உடைய குழாயானதால் இதனுள் அடைபட்டுள்ள காற்றின் கன அளவு அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்குமெனக் கொள்ளலாம். எனவே, முதல் நிலையில் :

காற்றுத் தூணின் நீளம் $l_1 = 20{\cdot}1$ செ.மீ.

காற்றின் அமுக்கம் $P_1 = H+20$ செ.மீ. பாதரசம்

திருப்பிய நிலையில் :

காற்றுத் தூணின் நீளம் $l_2 = 34{\cdot}6$ செ.மீ.

காற்றின் அமுக்கம் $P_2 = H-20$ செ.மீ. பாதரசம்

பாயில் விதியைக் கையாள,

$$P_1\, l_1 = P_2\, l_2$$

அல்லது, $(H+20)\, 20{\cdot}1 = (H-20)\, 34{\cdot}6$

அல்லது, $20{\cdot}1\, H+20{\cdot}1\times 20 = 34{\cdot}6\, H-34{\cdot}6\times 20$

அல்லது, $34{\cdot}6\, H-20{\cdot}1\, H = 34{\cdot}6\times 20+20{\cdot}1\times 20$

அல்லது, $14{\cdot}5\, H = 54{\cdot}7\times 20$

அல்லது, $H = \dfrac{54{\cdot}7\times 20}{14{\cdot}5}$

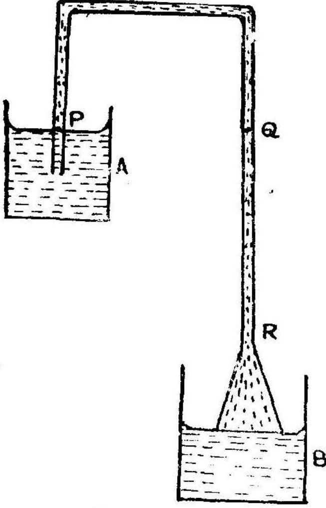
$H = 75{\cdot}44$ செ.மீ. பாதரசம்

நீர் நிலையியல் எந்திரங்கள்

வடிகுழாய் (Siphon)

ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள திரவத்தை அப்பாத்திரத்தைத் தொடாமலேயே வேறொன்றிற்கு மாற்றுவது, திரவக் கலவைகளைப் பிரித்தெடுப்பது போன்ற வேலைகளுக்குப் பயன்படும் ஒரு எளிய கருவியே, வடிகுழாய் ஆகும். இது V வடிவத்திலோ அல்லது இருமுறை செங்கோணங்களிலோ வளைக்கப்பட்ட ஒரு குழாயாகும். இதில் ஒரு புயம் நீண்டும் மற்றது குட்டை

யாகவும் இருக்கவேண்டும். இப்போது A எனும் பாத்திரத்திலுள்ள ஒரு திரவத்தை B–க்கு மாற்ற வேண்டும் எனக்கொள்வோம். வடி குழாயை இந்தத் திரவத்தால் முழுதும் நிரப்பி இரு முனைகளையும் மூடிக்கொண்டு குட்டை புயத்தை A–ல் உள்ள திரவத்தில் அமிழ்த்தி வைத்துவிட்டு இரு முனைகளையும் திறந்துவிட்டால் நீண்ட புயத்தின் வழியே திரவம் தொடர்ந்து வெளியேறும். இது எவ்வாறு என்பதனைக் காண்போம். A–ல் உள்ள திரவ மட்டத்தில் P எனும் ஒரு புள்ளியையும், அதே மட்டத்தில்குழாயில் Q எனும் ஒரு புள்ளியையும் எடுத்துக் கொள்வோம். P–ல் அமுக்கம் = வளி அமுக்கம் π ஆகும். நீண்ட புயத்தின் முனையை இன்னும் திறக்கவில்லை என்று கொள்வோம். இப்போது, Q-ல் அமுக்கமும் வளி அமுக்கம் π தான். எனவே, நீண்ட புயத்தின் முனையில் திரவத்திலுள்ள R எனும் புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டால், இங்கே அமுக்கம்=வளி அமுக்கம் $+QR$ திரவத்தின் அமுக்கம். இப்போது, R–ஐத் திறந்துவிட்டால் அங்கு வளி அமுக்கம் மட்டிலும்தான் மேனோக்கி இருக்கும். எனவே, கீழ்நோக்கிய அமுக்கம் அதிகமாயிருப்பதால் திரவம் குழாயிலிருந்து வெளியே பாயும்.

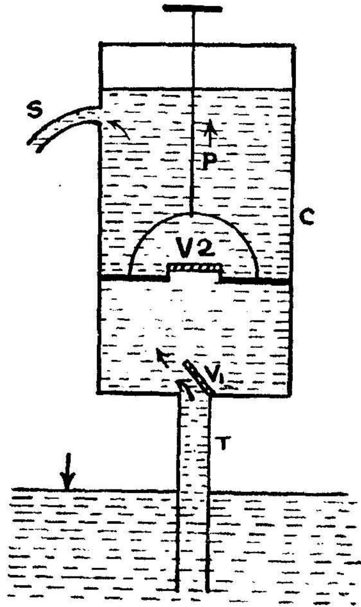


படம் 4.19

மேற்கண்ட விவரத்திலிருந்து R ஆனது Q-க்குக் கீழே இருந்தால்தான் வடிகுழாய் வேலை செய்யும் என்பதுத் தெரிகிறது. எனவே, வடிகுழாயைக்கொண்டு திரவத்தை உயர் மட்டத்திலிருந்து கீழிறக்குவதனை மட்டிலும்தான் செய்ய முடியும். மேலும், குட்டை புயம் எப்போதும் திரவத்தினுள் இருக்கவேண்டும். இது வளி அமுக்கத்தினாலேயே வேலை செய்வதால் குட்டை புயம் அத்திரவ பாரமானியின் உயரத்தை விட அதிகமாக இருந்தால் வேலை செய்யாது என்பதும் தெளிவு. இந்த உயரம் நீருக்கு ஏறத்தாழ 33 அடியாகும்.

சாதாரண பம்பு அல்லது உறிஞ்சும் பம்பு

பூமியின் அடியிலிருந்து, அல்லது, கிணறு போன்றவற்றி லிருந்து நீரை உயரே ஏற்றுவது போன்ற வேலைகட்கு இது பயன்படும். இது ஒரு உருளையையும் (C) அதன் அடிப்புறத் தில் குறுகிய குழாயும் (T) உடையது. குழாய் சேரும் இடத் தில் மேற்புறம் மட்டுமே திறக்கக் கூடிய ஒரு ஒருவழி அடைப்பு (valve) உள்ளது, (V_1). இக்குழாய், நீரில் அமிழ்த்தி வைக்கப் பட்டிருக்கும். உருளையினுள் ஒரு உந்துதண்டு (P) (piston) உள்ளது. இது உராய்வில் லாமல், அதே சமயத்தில் கசிவு இல்லாமல் உருளையி னுள் மேலும் கீழும் செல்லக் கூடியது. இந்த உந்து தண்டிலேயே V_2 எனும் ஒரு வழி அடைப்பு உள்ளது. இதுவும் மேற்புறம் மட்டி லுமே திறக்கக் கூடியது. நீர் வெளியேறுவதற்கனெ உருளையின் மேற்புறத்தில் ஒரு பக்கக்குழாய் (S) உள்ளது.



படம் 4.20

ஆரம்பத்தில் உந்து தண்டு உருளையின் அடியில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். உந்து தண்டினை மேலே உயர்த்த இதற்குக் கீழே, உருளையின் அடிப்பகுதியில் தற்காலிகமாக ஒரு வெற்றி டம் உண்டாகிறது. இதனை அடைக்க மேலிருந்து வெளிக் காற்று உள்நுழைய முடியாது. ஏனெனில், V_2 கீழ்நோக் கித் திறக்காது. எனவே, நீரானது T குழாய் வழியாக V_1 ஐத் திறந்து கொண்டு உள்ளே வரும். இப்போது, உந்து தண்டினைக் கீழே அமுக்க, இந்த நீரும் அமுக்கப்பட்டு V_2 ஐத் திறந்துகொண்டு உருளையின் மேல்பகுதிக்குச் செல்லும். உந்து தண்டினை மீண்டும் மேலே உயர்த்த இந்த நீர் பக்கக் குழாய் (S) வழியே வெளியேறும். அதே நேரத்தில் உருளையின் அடிப்பகுதிக்கு T வழியாக நீர் வரும். இவ்வாறு, தொடர்ந்து

உந்து தண்டினை மேலும் கீழுமாக இயக்க நீரை வெளியேற்ற லாம். உந்து தண்டு மேலே செல்லும் ஒவ்வொரு முறையும் நீர் வெளியேறும்.

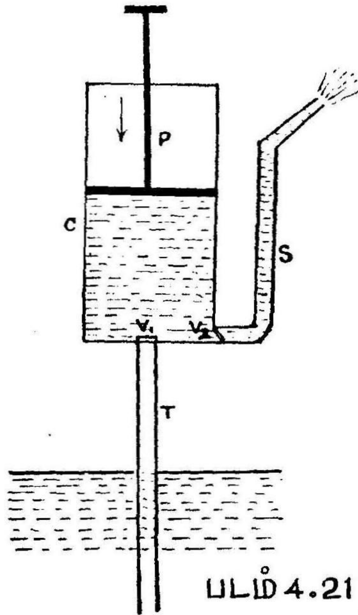
கிணற்றிலுள்ள நீர் T வழியாக மேலே உயருகிறது எனக் கண்டோம். இதற்குக் காரணம் வெளிக்காற்று நீரை அமுக்கு வதே. ஆனால், வளி அமுக்கம் சாதாரணமாக 33 அடி நீரையே உயர்த்தக் கூடுமாதலான் T குழாயின் நீளம் 33 அடிக்கு மேலி ருக்கக்கூடாது. நடைமுறையில், இதற்கும் குறைவான உய ரத்திற்கே நீரை ஏற்ற முடியும். இதற்கு மேற்பட்ட உயரங் களுக்கு உயர்த்தும் பம்பினைப் (Lift pump) பயன்படுத்த வேண் டும்.

விசைப் பம்பு (Force pump)

இதுவும் C எனும் ஒரு உருளையையும் அதன் அடியில் பொருத்தப்பட்ட T எனும் ஒரு குறுகிய குழாயையும் உடை யது. இவை இரண்டும் சேரும் பகுதியில் மேனோக்கி மட்டுமே திறக்கக் கூடிய ஒரு ஒருவழி அடைப்பு (V_1) உள்ளது. உருளை யினுள், உராய்வின்றியும், அதே நேரத்தில் கசிவின்றியும், மேலும் கீழும் செல்லத்தக்க வகையில் ஒரு உந்து தண்டு (P) உள்ளது. இதில் ஒரு வழி அடைப்பு ஏதும் இல்லை. உருளை யின் அடிப்பகுதியில் S எனும் ஒரு பக்கக்குழாய் உள்ளது. இது உருளையுடன் சேரும் இடத்தில் வெளிப்புறம் மட்டிலுமே திறக்கக் கூடிய ஒரு, ஒருவழி அடைப்பு (V_2) உள்ளது.

தொடக்கத்தில் உந்துதண்டு உருளையின் கீழே உள்ளதெனக் கொள்வோம். உந்துதண்டினை மேலே உயர்த்த உருளையின் அடிப்பகுதியில் தற்காலிகமாக ஒரு வெற்றிடம் ஏற்படும். இதனால் வெளிக்காற்று நீரை அமுக்க, நீர் T குழாய் வழியாக V_1 ஐத்திறந்து கொண்டு உள் நுழையும். இப்போது, உந்து தண்டினை கீழே இறக்க நீர் அமுக்கப் பெற்று V_2 ஐத் திறந்து கொண்டு பக்கக் குழாயை நிரப்பியபின் வெளியேறும் பக்கக் குழாயின் நுனி கூர்மையாக்கப்பட்டிருந்தால் நீர் பீறிட்டு வெளியேறும். இவ்வாறு, உந்து தண்டினைக் கீழே செலுத்தும் ஒவ்வொரு முறையும் பக்கக் குழாயில் நீர் ஏறும். T குழாயின் நீளம் 33 அடிக்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டுமானாலும் S குழாயின் உயரம் எவ்வளவு வேண்டுமாயினும் இருக்கலாம். ஒரு தனி பம்பினைப் பயன்படுத்தும்போது நீர் விட்டு விட்டு வந்தாலும், இரு பம்புகளைச் சேர்த்து இயக்கினால் தொடர்ச்

சியாக நீரைப்பீறிட்டு அடிக்கச் செய்யலாம். இந்த அமைப்பே தீ அணைக்கும் எந்திரமாகும் (fire engine). இதில் இரு விசைப் பம்புகளின் உந்து தண்டுகளும் ஒரே நெம்புகோலினால் இயக்கப் பெறும். எனவே, ஒன்றின் உந்து தண்டு மேலே செல்லும் போது மற்றதினுடையது கீழிறங்கும். இரு பம்புகளின் பக்கக் குழாய்களும் பொதுவான ஒரு காற்றறைக்குச் செல்லும். இதிலிருந்து தொடர்ச்சியாக நீர் பீறிட்டு அடிக்கும்.



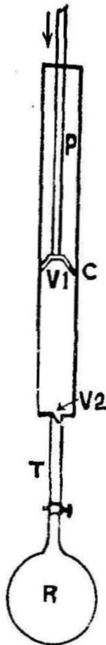
படம் 4.21

காற்றழுக்கும் பம்பு (Compression air pump)

வண்டிகளின் சக்கரங்களின் ரப்பர் குழாய்களுக்குக் காற்றடித்தல், உதை பந்து போன்றவற்றிற்குக் காற்றடித்தல் அல்லது ஏதேனும் ஒரு பாத்திரத்தில் காற்று அல்லது வாயுவினை உயர் அழுக்கத்தில் செலுத்துதல் போன்றவற்றிற்கு ஒரு அழுக்கும் பம்பினைப் பயன்படுத்தலாம். இது C எனும் ஒரு உருளையையும் அடியில் ஒரு சிறிய குறுகிய குழாயையும் T உடையது. இவை சேரும் இடத்தில் கீழ் நோக்கி மட்டிலுமே திறக்கவல்ல ஒரு ஒருவழி அடைப்பு (V_2) உள்ளது. உருளையினுள் ஒரு உந்து தண்டுமேலும் கீழும் செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் கீழ்நோக்கித் திறக்கும் ஒரு ஒருவழி அடைப்பு (V_1) உள்ளது. வழக்கமாக, இது ஒரு தோல் பட்டை வளையமாக (washer) இருக்கும். இது காற்றினை உள்ளே செல்ல அனுமதிக்கும்; ஆனால், வெளியேற முயன்றால் உருளையின் சுவரோடு ஒட்டிக்கொண்டு தடுக்கும்.

T குழாயின் நுனியை ரப்பர் குழாய் அல்லது காற்று அழுக்கப்பட வேண்டிய கொள்கலன் (Receiver) உடன் இணைக்க வேண்டும். தொடக்கத்தில் உந்து தண்டு கீழே இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது, உந்து தண்டினை மேலே உயர்த்த

ஒரு தற்காலிக வெற்றிடம் ஏற்பட V_1 வழியாக வெளிக்காற்று உருளையினுள் நுழைகிறது. உந்து தண்டினை கீழ் அழுக்க காற்று அழுத்தப்பெற்று V_2 ஐத்திறந்துகொண்டு கொள் கலனுள் செல்கிறது. எனவே, உந்து தண்டு ஒரு முறை முன் பின்னாக இயங்கும்போது உருளையினுள் உள்ள காற்று கொள் கலனுள் செல்கிறது. இக்காற்று வளி அழுக்கத்தில் உள்ளதால் ஒவ்வொரு வலிப்பின் போதும் (stroke) ஒரு வளி அழுக்கத்தில் உள்ள உருளையின் கன அளவு காற்று கொள்கலனுள் செல்கிறது; கொள்கலனுள் அழுக்கம் அதிகரிக்கின்றது.



படம் 4.22

உருளையின் கன அளவு v எனவும், கொள்கலனின் கன அளவு V எனவும், வளி அழுக்கம் P எனவும், தொடக்கத்தில் கொள் கலனில் ஒரு வளி அழுக்கத்தில் காற்று உள்ளதெனவும் கொள்வோம். n வலிப்பு களினால் ஒரு வளி அழுக்கத்தில், அதாவது, P அழுக்கத்தில் உள்ள nv கன அளவு காற்று கொள்கலனுள் செல்கின்றது. ஆனால், இது முழுவதும் கொள்கலனில் முன்னரே P அழுக்கத்தில் இருந்த காற்றும் சேர்ந்து அதாவது $(V+nv)$ கன அளவு காற்று கொள்கலனின் உள்ளேயே ஒரு உயர்ந்த அழுக்கத்தில் (Pn) உள்ளது. எனவே, இறுதியில் V கன அளவில் Pn அழுக்கத்தில் இந்த காற்று உள்ளது. எனவே, பாயில் விதியைக் கையாள.

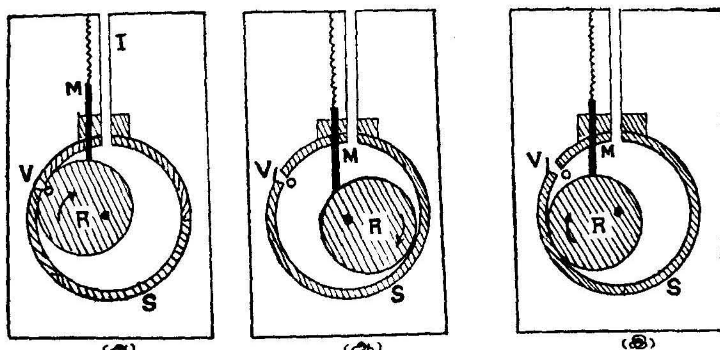
$$Pn \times V = P\,(V+nv)$$

அல்லது,
$$Pn = \frac{P\,(V+nv)}{V}$$

சுழலும் உயர் வெற்றிடப் பம்பு (Rotary high vacuum pump)

மேலே கண்ட அழுக்கப் பம்பு வேலை செய்யும் அதே தத்துவத்தில் வெற்றிடப் பம்பினையும் அமைக்கலாமாயினும், உந்து தண்டிலாத சென்கோ உயர் வெற்றிடப் பம்பு (Cenco hyvacuum pump) எனும் சுழலும் பம்பே உயர் வெற்றிடங்களை உண்டாக்கப் பயன்படுகிறது. இது, உள்ளீடற்ற ஒரு எஃகு உருளையினால் ஆனது. நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள இது

(S) சுழலாப் பகுதி (Stator) எனப்படும். இதனுள் உறழ் மையமாக (Eccentrically) பொருத்தப்பட்ட ஒரு எஃகு உருளை சுழன்று வருகிறது. இது (R) சுழலும் பகுதி (rotor) எனப் படும். சுழலாப் பகுதியில் *I*, *O* என்ற இரு துளைகள் உள்ளன. *I* வழியாக எந்தக் கொள்கலனிலுள்ள காற்றை வெளியேற்ற வேண்டுமோ அதனை இணைக்க வேண்டும். *O*-வின் வழியாகக் காற்று வெளியேறும். இதில் வெளிப்புறம் மட்டிலுமே திறக்கக்



படம் 4.23

கூடிய ஒரு ஒருவழி அமைப்பு *V* உள்ளது. *O*-க்கும் I-க்கும் இடையில் ஒரு விசிறி அலகு (*M*) உள்ளது. இது *R*-ன் மீது அழுத்திக் கொண்டு இருக்கும்படி ஒரு விஃலோடு இணைக்கப் பட்டுள்ளது. எனவே, இந்த அலகு *R* சுழலும்போது மேலும் கீழுமாக நகரும். இதனால் R-க்கும் *S*-க்கும் இடையே உள்ள இடம் இரு அறைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. இப்பகுதிகளுள் காற்றுக் கசிவு இல்லாதவாறு அலகு நன்கு R-ன்மீது அழுந்தி இருக்கும்.

சுழல் பகுதி வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுவதாகக் கொள்வோம். தொடக்கத்தில் படம் 4.23 (அ)வில் உள்ளபடி சுழல் பகுதி இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது R-க்கும் S-க்கும் இடையுள்ள இடம் முழுவதும் கொள்கலனில் உள்ள காற்றோடு தொடர்பு கொண்டு அதனால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. *R* சுழல ஆரம்பிக்கையில் இந்தக் காற்று கொள்கலனோடு தொடர்பு அறுக்கப்பெற்று அமுக்கப்படுகிறது. இதனால் *V*–ஐத் திறந்து கொண்டு வெளிச்செல்ல முயலும். *R* மேலும் தொடர்ந்து சுழல, இது மேலும் மேலும் அமுக்கப்பெற்று *V*–ஐத் திறந்து கொண்டு வெளிச் செல்லும். இது நிகழும் இதே வேளையில்

கொள்கலனிலிருந்து காற்று இடைவெளியின் O பகுதிக்கு மேலும் மேலும் பாய்கிறது. இந்த நிலைகளைப் படம் 4·23 ஆ, இ. ஆகியவைக் காட்டுகின்றன. ஒரு சுழற்சி முடியும் தறுவாயில் ஆரம்பத்தில் இடைவெளிக்குள் இருந்த காற்று முழுதும் வெளி யேற்றப்பட்டுவிடும். இவ்வாறு R சுழல, கொள்கலனிலிருந்து காற்று இழுக்கப்பெற்று வெளியேற்றப்படுகிறது.

இதன் பகுதிகள் முழுவதும் ஓர் எண்ணெய்த் தொட்டியில் முழுகி இருக்கும்படி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் காற்று கசிவுத் தவிர்க்கப்படுகிறது. வழக்கமாக, இத்தகைய பம்புகள் இரண்டு இணைக்கப்பட்டு அவற்றின் சுழல் பகுதிகள் ஒரே மோட்டாரினால் இயக்கப்படும். இதைக்கொண்டு சில நிமிடங் களிலேயே 0·0001 செ.மீ. பாதரசம் எனுமளவு தாழ்ந்த வெற் றிடங்களை உண்டாக்க இயலும். இது, மின் விளக்குகள், மின் குழாய்கள் எக்ஸ்-கதிர்க் குழாய்கள் போன்றவை தயாரிக்கும் போது உயர் வெற்றிடங்களை உண்டாக்கப் பெரிதும் பயன் படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) மிதிவண்டிச் சக்கரத்தின் ரப்பர் குழாய் ஒரு அமுக்கும் பம்பின் உருளையைப்போல் 15 மடங்கு கன அளவு உள்ளது. ஆரம்பத்தில் இதனுள் உள்ள காற்றின் அமுக்கம் 1வளி அமுக்க கமானால் அதனை இருமடங்காக்க எத்தனை வலிப்புகள் தேவை? இந்த அமுக்கத்தில் குழாயின் கன அளவு 20% அதிகரிக்கிறது.

வளி அமுக்கம் P எனக்கொள்வோம். உருளையின் கன அளவு V ஆனால் குழாயின் கன அளவு $V=15\,v$. n வலிப்புகள் தந்தால் P அமுக்கத்திலுள்ள nv காற்று குழாயினுள் செல்கிறது. அங்கேயே இதே அமுக்கத்தில் 15 v காற்று உள்ளது. எனவே, P அமுக்கத்தில் $15v+nv$ கன அளவுள்ள காற்று முழுதும் இப்போது குழாயினுள் $2p$ அமுக்கத்தில் உள்ளது. குழாயின் கன அளவு ஆரம்பத்தில் இருந்ததைவிட 20% அதிகமாதலான், இறுதியில் குழாயின் கன அளவு $= \frac{15v\times 120}{100} = 18v.$

எனவே, பாயில் விதியைக் கையாள,

$$P\times (15v+nv) = 2P\times 18v$$

அல்லது, $15+n = 36$

அல்லது, $n = 21.$

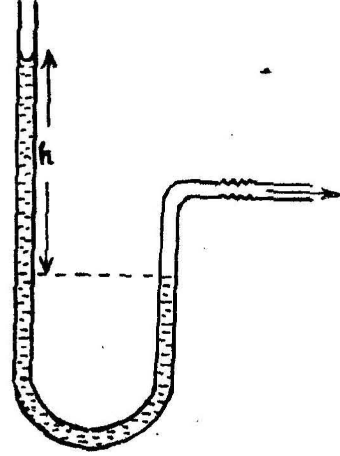
எனவே, பம்பினை 21 முறை வலிக்க வேண்டும்.

அமுக்கமானிகள் (Manometers)

பாய்பொருள்களின் அமுக்கத்தை அளவிடப் பயன்பெறும் கருவி அமுக்கமானி எனப்படும். வெவ்வேறு அளவினவாய அமுக்கங்களை அளக்க வெவ்வேறு அமுக்கமானிகள் உள்ளன.

திறந்த U-குழாய் அமுக்கமானி (Open U-tube manometer)

இது, இருபுறமும் திறந்த U-வடிவத்திலுள்ள, செங்குத்தாக வைக்கப்பெற்ற ஒரு கண்ணாடிக் குழாயாகும். இதனுள் இருபுயங்களும் பாதி உயரத்திற்கு நீர் அல்லது ஏதேனும் ஒரு திரவம் எடுத்துக் கொள்ளப்பெற்றிருக்கும். இதன் ஒரு புயம் எந்த கொள்கலனிலுள்ள வாயுவின் அமுக்கத்தைக் காண வேண்டுமோ அதனுடன் இணைக்கப்பட வேண்டும். இதன் அமுக்கம் வளி அமுக்கத்தைவிட அதிகமாக இருந்தால் திறந்த புயத்தில் நீர் மட்டம் உயரும்; வளி அமுக்கத்தைவிடக் குறைவாக இருந்தால் தாழும். இந்த நிலையில் இரு புயங்களிலும் நீர் மட்டங்களுக்கிடையே உள்ள செங்குத்து உயரத்தை (h) அளக்க வேண்டும். வளி அமுக்கம் π ஆகவும், அமுக்கமானி திரவத்தின் அடர்த்தி d ஆகவும் இருந்தால், வாயுவின் அமுக்கம் $= \pi + hdg$ என்பதுத் தெளிவு. திறந்த புயத்தின் நீர் மட்டம் உயர்ந்திருந்தால் $\pi - hdg$ எனவும், தாழ்ந்திருந்தால் $\pi - hdg$ எனவும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.



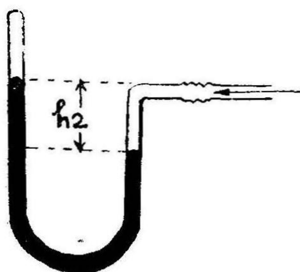
படம் 4.24

மூடிய U-குழாய் அமுக்கமானி அல்லது காற்று அமுக்கப்பெற்ற அமுக்கமானி.

திறந்த குழாய் அமுக்கமானியைக் கொண்ட வளி அமுக்கத்திற்கு ஏறத்தாழ சமமானதும் சற்றே அதிகமான அல்லது குறைந்த அமுக்கங்களை மட்டிலும்தான் அளக்க முடியும். உயர் அமுக்கங்களை அளக்க மூடிய U-குழாய் அமுக்கமானி

யைக் கையாள வேண்டும். இது ஒரு பக்கம் மூடியும், மறு பக்கம் திறந்தும் உள்ள ஒரு U–குழாயை உடையது. இதில் பாதரசம் எடுத்துக்கொள்ளப்பெற்று மூடிய பகுதியில் காற்று அடைக்கப்படுகிறது.

முதலில் இரு புயங்களிலும் பாதரச மட்டங்களுக்கு இடையே உள்ள செங்குத்து உயரம் h_1-ஐக் காணவேண்டும். வளி அமுக்கம் H செ.மீ. பாதரச மானல், மூடிய புயத்திலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் $P_1 = H + h_1$ இக்காற்றுத் தூணின் நீளத்தையும் (l_1) குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.



படம் 4.25

பிறகு, திறந்த புயத்தை நாம் எதனுடைய அமுக்கத்தை அளக்கவேண்டுமோ அத்தோடு இணைக்க வேண்டும். இதனல் பாதரசம் மட்டங்கள் மாறும். இப்போதும் பாதரச மட்டங்களுக்கு இடையே உள்ள செங்குத்து உயரத்தையும் (h_2) காற்றுத் தூணின் நீளத்தையும் (l_2) குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். நாம் அளக்கும் அமுக்கம் P ஆனல், மூடிய பகுதியிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் $P_2 = P - h_2$ (படம் 4 25)

குழாயின் புயங்கள் ஒரே சீரான குறுக்களவு உள்ளவையாக எடுத்துக்கொள்வதால் மூடிய புயத்திலுள்ள காற்றின் கன அளவு அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே, பாயில் விதிப்படி,

$$P_2 l_2 = P_1 l_1$$

அல்லது, $$(P - h_2) l_2 = P_1 l_1$$

அல்லது, $$P l_2 - h_2 l_2 = P_1 l_1$$

அல்லது, $$P = \frac{P_1 l_1 + h_2 l_2}{l_2}$$

அல்லது, $$P = P_1 \frac{l_1}{l_2} + h_2$$

வினாக்கள்

(1) 'இறுக்கு விசை', 'அமுக்கம்' ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒய்வு நிலையிலுள்ள, d அடர்த்தியுடைய ஒரு திரவத்தின் மேல் மட்டத்திலிருந்து h ஆழத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் திரவ அமுக்கம் hdg எனக் காண்பி.

5 அடி ஆழமும், 8 அடி பக்கங்களும் உடைய ஒரு சதுரத் தொட்டி நீரால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. அதன் அடிப் பரப்பிலும், ஏதேனும் ஒரு பக்கத்தின்மீதும் உள்ள இறுக்கு விசைகளைக் கணக்கிடு.

(2) 1 அடி பக்கமுடைய ஒரு கனசதுரத் தொட்டியானது பாதி நீராலும், பாதி மண்ணெண்ணெயாலும் நிரப்பப் பட்டுள்ளது. அதன் அடிப்பகுதியின்மீதும், ஒரு பக்கத்தின் மீதும் உள்ள இறுக்கு விசைகளைக் கணக்கிடு. எண்ணெயின் ஒப்பு அடர்த்தி 0·8.

(3) தலை வெட்டப்பெற்ற கூம்பு வடிவத்திலுள்ள ஒரு பாத்திரம் நீரால் நிரப்பப்பெற்றுள்ளது. இதன் அடிப் பக்கத்தின் பரப்பளவு 20 சதுர செ.மீ., இதன் உயரம் 30 செ.மீ. ஆனால் அடிப்பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கு விசை யாது?

(4) ஒரு நீர்த் தொட்டியின் ஒரு பக்கத்தின்மீது 4 அடி உயரமும், 2 அடி அகலமும் உடைய ஒரு துவாரம் உள்ளது. இது ஒரு கதவால் மூடப்பட்டுள்ளது, கதவின் மேல் விளிம்பு நீரின் மேற்பரப்பிலிருந்து 20 அடி ஆழத்தில் இருந்தால் இக் கதவின்மீது தொழிற்படும் மொத்த இறுக்கு விசையைக் கண்டுபிடி.

(5) காற்றில் 150 கிராம் எடை உடைய ஒரு பொருள் நீர் நிரம்பிய ஒரு பாத்திரத்துள் அமிழ்த்தப்பெறும்போது 19 கன செ.மீ. நீர் வெளியே வழிகிறது. அப்பொருளின் அடர்த்தி யாது?

(6) ஒரே சீரான குறுக்களவு உடைய, 1 மீட்டர் நீள முடைய ஒரு குழாய் 13·56 கிராம் பாதரசம் கொள்கிறது. பாதரசத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி 13·56 ஆனால், அக்குழாயினது துளையின் ஆரம் என்ன?

(7) 500 கன செ.மீ. அடர் கந்தக அமிலம் 1500 கன செ.மீ. நீருடன் கலக்கப்படுகிறது. நீர்த்த அமிலத்தின் அடர்த்தி யாது? அடர் கந்தக அமிலத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி 7·84.

(8) ஒரு U-குழாயின் அடிப்பகுதியில் பாதரசம் உள்ளது. ஒரு புயத்திலுள்ள 8 செ.மீ. நீர்த் தூணைச் சமநிலைப்படுத்த மற்றொன்றில் எவ்வளவு திரவத்தை விடவேண்டும்? திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி 0·8.

(9) ஒரு U-குழாயின் இரு புயங்களிலும் பாதி வரை நீர் ஊற்றப்பட்டுள்ளது. ஒரு புயத்தில் 10 செ.மீ. உயரத்திற்கு மண்ணெண்ணெய் ஊற்றினால் மறு புயத்தில் 1 செ.மீ. க்கு நீர் உயருகிறது. எண்ணெயின் அடர்த்தி என்ன?

(10) ஒரு ஹேர் திரவமானியில் நீர்த்தூணின் உயரம் 10 செ.மீ. ஆகவும், திரவத்தூணின் உயரம் 11 செ.மீ. ஆகவும் உள்ளது. திரவத்தின் அடர்த்தி என்ன?

(11) ஒரு ஹேர் திரவமானியில் ஒரு புயத்தில் 1·8 ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள கந்தக அமிலம் 15 செ.மீ. உயரத்திற்கு ஏறியுள்ளது. மற்றொரு புயத்தில் 0·85 ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள ஒரு எண்ணெய் எடுத்துக்கொள்ளப் பெற்றிருந்தால் அதன் உயரம் என்னவாக இருக்கும்?

(12) ஒரு பிராமா எந்திரத்தில் இரு உந்து தண்டுகளின் பரப்பளவுகள் முறையே 1 சதுர அங்குலம், 100 சதுர அங்குலம் ஆகும். 9000 பவுண்டு எடையை உயர்த்த சிறிய உந்து தண்டில் எவ்வளவு திறன் அளிக்க வேண்டும்?

(13) ஒரு பிராமா எந்திரத்தில், 10 அடி நீளமுள்ள நெம்பு கோலின் ஆதார நிலையிலிருந்து 1 அடி தூரத்தில் உந்து தண்டு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உந்து தண்டுகளின் விட்டங்கள் முறையே 1 அங்குலம், 6 அங்குலம் ஆக இருந்தால் 26,000 பவுண்டு எடை விசையைப் பெறுவதற்கு நெம்புகோலின் மறு முனையில் எவ்வளவு திறனைச் செலுத்த வேண்டும்?

(14) ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தினை கூறு.

இதனைச் சரிபார்ப்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

நீருள்ள ஒரு முகவை ஒரு தராசின் இடது தட்டில் வைக்கப்பெற்று மறு தட்டில் சம எடை வைக்கப்பட்டுள்ளது.

10 கன செ.மீ. கன அளவும், 25 கிராம் பொருண்மையும் உடைய ஒரு பொருள் முழுதும் நீரில் மூழ்கியுள்ளது. இப் பொருளைத் தாங்கும் நூல் (அ) இடது தட்டின் கொக்கியி லிருந்து தொங்கவிடப்படும்போதும் (ஆ) வெளியே உள்ள ஒரு தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்படும்போதும் வலது தட்டில் என்ன எடையை வைத்தால் தராசு தன் சம நிலைக்குத் திரும்பும்?

(15) நீரில் கரையாத (அ) கனமான (ஆ) இலேசான ஒரு திடப்பொருள், ஒரு திரவம் ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகளை ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தைக் கொண்டு காண்பதற்கான சோதனைகளை விவரி.

காற்றில் 200 கிராம் எடையுடைய ஒரு பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி 10 ஆனால், அது நீரில் அமிழ்ந்திருக்கும்போது என்ன எடை இருக்கும்?

(16) காற்றில் 80 கிராமும், 0·8 ஒப்பு அடர்த்தியுள்ள ஒரு திரவத்தில் 72 கிராமும் உள்ள ஒரு பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி யாது?

(17) உள்ளீடற்ற ஒரு கண்ணாடிமூடி காற்றில் 20 கிராமும், நீரில் 2 கிராமும் உள்ளது. கண்ணாடியின் அடர்த்தி 2·6 கிராம்/கன செ.மீ. ஆனால், அம்மூடியினுள் உள்ள வெற்றிடத்தின் கன அளவு என்ன?

(18) ஒரு சோதனையின்போது கீழ்க்கண்ட குறிப்புகள் எடுக்கப்பெற்றன:

காற்றில் ஒரு பித்தளைத் துண்டின் எடை	= 22·68 கிராம்
காற்றில் ஒரு தக்கையின் எடை	= 1·595 கிராம்
நீரில் பித்தளைத் துண்டின் எடை	= 20·02 கிராம்
நீரில் பித்தளைத் துண்டு, தக்கை இரண்டும் உள்ளபோது எடை	= 14·275 கிராம்

பித்தளை, தக்கை ஆகியவற்றின் அடர்த்திகளைக் கணக்கிடு.

(19) ஒரு கம்பிச் சுருள் காற்றில் 5·4 கிராமும், நீரில் 4·784 கிராமும் உள்ளது. கம்பியின் விட்டம் 0·56 மில்லி மீட்டர் ஆனால், கம்பியின் நீளம் யாது?

(20) ஒரு உலோகத் துண்டில் வெள்ளியும், தங்கமும் கலந்துள்ளன. இது காற்றில் 20 கிராமும், நீரில் 18·7 கிராமும் உள்ளது. இத்துண்டிலுள்ள தங்கம், வெள்ளி ஆகியவற்றின் விகிதத்தைக் கணக்கிடு. தங்கத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி = 19·3. வெள்ளியின் ஒப்பு அடர்த்தி = 10·5.

(21) ஒரு சர்க்கரைக் கட்டி 20 கிராம் எடை இருக்கிறது. இதன்மீது 0·9 ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள 9 கிராம் மெழுகைக் கொண்டு பூச்சிட்டு நிறுத்தால் முழுத்துண்டும் 9 கிராம் எடை இருக்கிறது. சர்க்கரையின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடி.

(22) அடர்த்திக் குப்பியைக் கொண்டு (அ) ஒரு திரவம் (ஆ) நீரில் கரையாத ஒரு திடப்பொருள் ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகளைக் காண்பதற்கான சோதனைகளை விவரி.

100 கிராம் எடையுள்ள ஒரு அடர்த்திக் குப்பி நீரால் நிரப்பப்படும்போது 200 கிராமும், மற்றொரு திரவத்தால் நிரப்புகையில் 180 கிராமும், உள்ளது. அத்திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் கண்டுபிடி.

(23) ஒரு அடர்த்திக்குப்பி முழுதும் நீரால் நிரப்பப் பெற்ற போது 40 கிராம் உள்ளது. இதனுள் 8 கிராம் உலோகத் துண்டுகளை நுழைக்க இதன் எடை 47 கிராம் ஆகிறது. உலோகத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி என்ன ?

(24) மிதப்பு விதிகளைக் கூறி விளக்கு.

20,000 டன் எடையுள்ள ஒரு கப்பல் எவ்வளவு கடல் நீரை விலக்கும் ? கடல் நீரின் ஒப்பு அடர்த்தி = 1·025.

(25) 128 கிராம் எடை உள்ளதும் 0·64 கிராம்/கன செ.மீ. அடர்த்தி உடையதுமான ஒரு துண்டுக்கட்டை 1·2 கிராம்/ கன செ.மீ. அடர்த்தி உடைய திரவத்தில் மிதக்கிறது. அதில் எவ்வளவு பகுதி திரவத்திற்கு மேலிருக்கும் ?

(26) பனிக்கட்டியின் அடர்த்தி 57·5 பவுண்டு/கன அடியாகவும், கடல் நீரின் அடர்த்தி 64 பவுண்டு/கன அடியாகவும் இருந்தால் 12,000 டன் எடையுள்ள ஒரு பனிப்பாறை கடல் மட்டத்திற்குக் கீழே எவ்வளவு மூழ்கி இருக்கும் ?

(27) கன சதுரமான ஒரு திடப்பொருள் 1·2 ஒப்பு அடர்த்தியுள்ள திரவத்தில் மிதக்கும்போது அதன் கன

அளவில் 80 கன செ.மீ. திரவத்துள் உள்ளது. கன சதுரத்தின் மேலே 12 கிராம் எடை ஒன்றை வைத்தால் அது முழுவதும் திரவத்தில் மூழ்கிவிட, இந்த எடை மட்டிலும் திரவமட்டத்திற்கு மேலே உள்ளது. திடப் பொருளின் அடர்த்தியைக் கணக்கிடு.

(28) காலியான, அரைக்கோள வடிவிலுள்ள ஒரு கிண்ணத்தின் வெளிவிட்டம் 20 செ.மீ., உள் விட்டம் 19 செ.மீ இது நீரில் முழுவதும் உள்ளபடி மிதக்கிறது. கிண்ணத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி என்ன ?

(29) ஒரு சோதனைக் குழாயை (அ) அமிழ்வு மாறு (ஆ) அமிழ்வு மாறும் மிதவையாகப் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காண்பதற்கான சோதனைகளை விவரி.

எடையிடப்பட்ட ஒரு சோதனைக் குழாய் 0·8 ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள ஒரு திரவத்தில் அதன் கன அளவில் $\frac{3}{4}$ பகுதி அமிழ்ந்திருக்க மிதக்கிறது. இது 0.9 ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள திரவத்தில் மிதக்கும்போது எவ்வளவு பகுதி திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும் ?

(30) ஒரு சோதனைக் குழாய் மிதவையில் 80 ஈயக்குண்டுகள் உள்ளபோது 4 அங்குலமும், 170 ஈயக் குண்டுகள் உள்ளபோது 6 அங்குலமும் நீரில் அமிழ மிதக்கிறது. 116 ஈயக் குண்டுகள் உள்ளபோது மண்ணெண்ணெயில் 6 அங்குலம் அமிழ்கிறது. அப்படியானால் எண்ணெயின் ஒப்பு அடர்த்தி என்ன ?

(31) ஒரு நேரான மரக்கட்டை சீரான குறுக்களவும் 40 செ.மீ. நீளமும் உடையது. இதன் அடியில் எடையிட்டு நீரில் செங்குத்தாக மிதக்க வைத்தால் 10·5 செ.மீ. நீருக்கு மேலே உள்ளது. மற்றொரு திரவத்தில் 6·8 செ.மீ. மேலே நீட்டிக் கொண்டு மிதக்குமானால் அத்திரவத்தின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடி.

(32) ஒரு சாதாரண திரவமானியை விவரித்து அது எவ்வாறு வேலை செய்கிறது என்பதனை விளக்கு.

(33) வளி அமுக்கம் 76 செ.மீ. பாதரசம் என்று சொல்வதின் பொருள் யாது?

ஓரிடத்தில் வளி அமுக்கம் 75·8 செ.மீ. பாதரசம். அங்கே 0·8 ஒப்பு அடர்த்தியுள்ள திரவத்தில் ஆன பாரமானியின் உயரம் என்னவாக இருக்கும்?

(34) தர வளி அமுக்கம் என்பது யாது? இதனை டைன் கள்/சதுர செ.மீ.-ல் கூறு.

ஃபார்டின் பாரமானியை ஒரு படத்துடன் விவரி. இதைக்கொண்டு வளி அமுக்கத்தை எவ்வாறு காண்பாய்?

(35) ஒரு கட்டிடத்தின் உச்சியிலும், அடியிலும் ஒரு அனிராய்டு பாரமானி காட்டும் அளவுகள் முறையே 29·905 அங்குலம், 29·949 அங்குலம். பாதரசம், காற்று ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகள் முறையே 13·56, 0·00123 ஆனால் கட்டிடத்தின் உயரம் என்ன?

(36) பாயில் விதியைக் கூறி அதை சரிபார்ப்பதற்கான ஒரு சோதனையையும் விவரி.

1·5 கன செ.மீ. கன அளவுள்ள ஒரு காற்றுக் குமிழ் ஒரு ஏரியில் 6·8 மீட்டர் ஆழத்தில் உள்ளது. நீரின் மேல் மட்டத்திற்கு வரும்போது இதன் கன அளவு என்ன? பாரமானியின் உயரம் = 33 அடி நீர்.

(37) 50 கன செ.மீ. கொள்ளளவு உள்ள ஒரு அடர்த்திக் குப்பி அதன் வாய் கீழ்நோக்கி இருக்க ஒரு நீர்க் குட்டையுள் அமுக்கப்படுகிறது. குப்பிக்குள் 10 கன செ.மீ. நீர் ஏற வேண்டுமானால் இதனை எவ்வளவு ஆழத்திற்கு அமுக்க வேண்டும்? பாரமானியின் உயரம் = 76 செ.மீ. பாதரசம்.

(38) பாயில் விதி கருவியைக் கொண்டு செய்த சோதனையில், முதலில், வளி அமுக்கத்தில் (760 மி.மீ. பாதரசம்) காற்றின் கன அளவு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. காற்றின் அமுக்கம் 800 மி.மீ. பாதரசமாக உயர்த்தப்படும்போது அதன் கன அளவு

50 கன செ.மீ. குறைகிறது. 760 மி.மீ. அமுக்கத்தில் அதன் கன அளவு என்ன ?

(39) சீரான குறுக்களவு உடைய துளையைக் கொண்ட ஒரு குறுகிய கண்ணாடிக் குழாயின் மூடிய முனைக்கும் அதனுள் உள்ள 20 செ.மீ. நீளமுடைய பாதரச இழைக்கும் இடையில் காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ளது. குழாயைச் செங்குத்தாக, திறந்த வாய் மேலிருக்கும்படி வைத்தால் காற்றுத் தூணின் நீளம் 28·2 செ.மீ.; குழாயைத் தலைகீழாகத் திருப்ப இது 48·2 செ.மீ. ஆகிறது. வளி அமுக்கம் என்ன ?

(40) இருபுறமும் திறந்த, குறுகிய, சீரான துளையை உடைய ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் 40 செ.மீ. நீளமுடையது. இது பாதரசத்தில் 30 செ. மீ. செங்குத்தாக அமிழ்த்தப் பெற்று, மேல் வாயை விரலால் மூடிக் கொண்டு பாதரசத்திலி ருந்து வெளியே எடுக்கப்படுகிறது. குழாயினுள் எவ்வளவு நீளத்திற்குப் பாதரசம் இருக்கும்? வளி அமுக்கம்=75 செ.மீ. பாதரசம்.

(41) குறைபாடுடைய ஒரு ஃபார்டின் பாரமானியானது உண்மையான வளி அமுக்கம் 29.8 அங்குலமாக இருக்கையில் 28. 2 அங்குலம் எனக் காட்டுகிறது. காற்றுத் தூணின் உயரம் 3.2 அங்குலமானால், இப்பாரமானி 27. 5 அங்குலம் காட்டும் போது உண்மையான் வளி அமுக்கம் என்ன?

(42) ஒரு சரியான ஃபார்டின் பாரமானியில் வெற்றிடத் தின் நீளம் 10 செ.மீ. பாரமானி 760 மி. மீ. காட்டும்போது வெற்றிடத்திற்குள் எவ்வளவு காற்றைச் செலுத்தினால் பார மானி 600 மி·மீ. காட்டும் ? பாரமானி குழாயின் குறுக்களவு 0· 5 சதுர செ.மீ.

(43) வடிகுழாய் வேலை செய்யும் முறையை விளக்கு. இது வேலை செய்வதற்குரிய நிபந்தனைகள் யாது?

(44) கீழ்க்கண்டவற்றை விவரித்து அவை வேலை செய்யும் வகையையும் விளக்கு.

(அ) உறிஞ்சும் பம்பு (ஆ) விசைப் பம்பு (இ) திறந்த U-குழாய் அமுக்கமானி (ஈ) காற்றமுக்க அமுக்கமானி (உ) சுழலும் உயர் வெற்றிடப் பம்பு.

(45) ஒரு காற்றமுக்கும் பம்பு வேலை செய்யும் முறைமையை விளக்கு. அதனை n முறை வலித்தபின் கொள்கலனில் உள்ள அமுக்கத்திற்கு ஒரு சமன்பாட்டினை வருவி.

ஒரு மிதி வண்டிச் சக்கரத்தின் ரப்பர்க் குழாயின் கன அளவு 100 கன அங்குலம். ஒரு அமுக்கப் பம்பினை உருளையின் கன அளவு 10 கன அங்குலம். குழாயினுள் இருமடங்கு வளி அமுக்கத்தை உண்டாக்க பம்பினை எத்தனைமுறை வலிக்க வேண்டும்? காற்றடித்த குழாயின் கன அளவு $\frac{1}{10}$ மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது.

5. வெப்பம்

(Heat)

வெப்பமானியியல்

வெப்பத்தின் விளைவுகள்

இந்நில உலகின்கண் உயிர் வாழ்வதற்கு உண்ணும் உணவும், மூச்சுக் காற்றும் எத்துணை இன்றியமையாதனவோ அத்துணை இன்றியமையாததே வெப்பமும். இன்னும்சொல்லப் போனால் வெப்பம் இன்றேல் உணவேது, காற்றில் அசை வேது? கதிரவனின் ஒளியிலேயேயன்றோ தாவரங்கள் உணவைத் தயாரிக்கின்றன. நாம் உண்ணும் உணவும் வெப்ப மாகவே அல்லவா மாற்றப்படுகிறது! அதுவேயன்றோ நாம் வேலை செய்வதற்கான ஆற்றலை அளிக்கின்றது. நாம் பயன் படுத்தும் பல்வகை ஆற்றல்களுக்கும் ஆதி காரணமாய் அமை வது வெப்பமே அன்றோ! நாம் உலகிற்குத் தேவையான வெப்பம் முழுவதையும் கதிரவன் வரையாது வழங்குவதா லன்றோ நாம் பகலவனுக்குப் பொங்கலிட்டு போற்றிப் பாடுகி றோம். அதனாலேயேயன்றோ இளங்கோவடிகளும் "ஞாயிறு போற்றுதும், ஞாயிறு போற்றுதும்" என்றார்.

வெப்பம் ஒரு வகைக் கதிர்வீசும் ஆற்றலாகும். இது இருப் பதனை எவ்வாறு உணர்ந்துகொள்வது? அது ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைக் கொண்டே அதனை அறியலாமல்லவா? அவ்விளை வுகள்தான் யாவை?

(1) ஒரு பொருளை அடுப்பிலிட அது சூடாகிறது. அது தொடர்ந்து அடுப்பிலிருந்தால் அதன் சூடும் அதிகமாகின்றது. இதனைப் பொருளின் வெப்பநிலை உயர்கிறது என்கிறோம். பொருள்களின் வெப்ப நிலையை உயர்த்துவது வெப்பத்தின் முதல் விளைவாகும்.

(2) வெப்பத்தால் பொருள்கள் விரிவடைகின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். வண்டிச் சக்கரத்திற்கு இருப்புப் பட்டைப் போட கருமான் இவ்விளைவின் துணையையே நாடுகிறான். இருப்புப் பாதைகளுக்குகிடையே இடைவெளி விடுவதும் இதனால்தானே? சூடான விளக்கின் கண்ணாடிக் குமிழின்மீது ஒரு சொட்டு நீர் பட்டால் அது தெறித்து உடைவதும் இவ்விளைவினாலேயேயன்றோ!

(3) பனிக்கட்டியைச் சூடேற்ற நீராகிறது. நீரைக் கொதிக்கவைக்க ஆவியாகிறது. இவ்வாறாக, வெப்பம் எந்த ஒரு பொருளையும் நிலைமாறச் செய்யும்.

(4) ஒரு சோதனைக் குழாயில் சிவந்த நிறமுடைய அம்மோனியம் டைக்ரோமேட் படிகங்களை எடுத்துக்கொண்டு சூடாக்க, அதிலிருந்து நைட்ரஜன் வாயு வெளிப்படும், நீர்த்துளிகள் வந்து சோதனைக் குழாயின் குளிர்ந்த பகுதிகளில் படியும், பச்சை நிறக் குரோமியம் ஆக்சைடு பெருமளவில் அடியில் தங்கும். எனவே, வெப்பம் இரசாயன மாற்றங்களை உண்டாக்கும் என்பது தெரிகிறது.

(5) செம்பு, இரும்பு ஆகிய இரு உலோகக் கம்பிகளை எடுத்து அவற்றின் முனைகளைச் சேர்த்து இரு சந்திப்புகளை உண்டாக்கி, அவற்றுள் ஒன்றினைச் சூடாக்கினால் அக்கம்பிகளின் ஊடே ஓர் மின்னோட்டம் பாயக் காணலாம். இது வெப்பத்தின் மின் விளைவு.

வெப்ப நிலை (Temperature)

எந்த ஒரு பௌதிக அமைப்பு அல்லது நிகழ்ச்சியினோடும் தொடர்பு கொண்ட அளவுகளை நீளம், பொருண்மை, காலம் என்ற மூன்று அடிப்படை அளவுகளின் வழிவந்த அளவுகளாகக் கருதலாம் எனக் கண்டோம். வெப்பமும் ஒரு வகை ஆற்றலே ஆனதால் இதனையும் அதே அடிப்படை அளவுகளின் வழி அளவாகக் கருதலாம். ஆயின் வெப்ப நிலை அவ்வாறன்று. வெப்ப நிகழ்ச்சிகளைக் குறிக்கும்போது ஒரு தனி அளவாகக் கருத வேண்டியுள்ளது. ஒரு பொருள் எந்த அளவிற்கு வெம்மையாய் உள்ளது அல்லது குளிர்ச்சியாய் உள்ளது என்பதனைக் குறிப்பதே வெப்பநிலையாகும். மேலும், ஒரு பொருளுக்கு வெப்பத்தைக் கொடுத்துக் கொண்டே சென்றால் அதன் வெம்மை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும், அல்லது குளிர்ச்சி குறைந்து கொண்டே செல்லும். இவ்வாறு அதிகரிக்கும் ஒரு

பண்பே வெப்பநிலை. இதனை ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள திரவமட்டத்திற்கு ஒப்பிடலாம். திரவத்தை மேலும் மேலும் ஊற்ற, பாத்திரத்தில் திரவமட்டம் உயருகிறது. திரவத்தை எடுக்க மட்டம் தாழ்கிறது. இருவேறு மட்டங்களில் உள்ள திரவங்களை இணைத்தால் உயர் மட்டத்திலிருந்து தாழ் மட்டத்திற்கு திரவம் பாய்வது போன்று, உயர்ந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து தாழ்ந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு வெப்பம் பாயும். இரண்டும் ஒரே வெப்ப நிலையை அடையும் வரை அதாவது வெப்பச் சமநிலையை அடையும்வரை இது நிகழும். எனவே, திரவத்தின் ஓட்டத்தை அதன் மட்டம் குறிப்பதுபோல, வெப்பம் பாயும் திசையினை வெப்பநிலை குறிக்கிறது. ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள இருவேறு பொருள்கள் வேறுபட்ட அளவுகளின் வெப்பத்தைப் பெற்றிருக்கலாம்—ஒரே மட்டத்திற்கு நீர் நிறைக்கப் பெற்ற ஒரு பெரிய, ஒரு சிறிய பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் அளவுகள் வேறுபடுமாப்போலே. வெப்பநிலை உயர்வெனும் விளைவிற்குக் காரணமாய் அமைவது வெப்பம்.

வெப்பமானியும் வெப்பநிலை அளவுத் திட்டங்களும்

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை அறிய அதனைத் தொட்டுப் பார்க்கலாம். ஆனால் இத்தொடு உணர்ச்சி நம்மை ஏமாற்றிவிட வாய்ப்புண்டு. வெயிலிலிருந்து ஓர் அறைக்குள் நுழைய அது குளிர்ந்திருக்கிறதென உணர்கிறோம். அதே அறைக்குள் பிறிதொரு குளிர் அறையிலிருந்து நுழையும்போது அது வெம்மையாக உள்ளதெனக் கூறுகிறோம். மேலும் ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு இரும்பு, மரத்துண்டு ஆகியவற்றைத் தொட்டுப் பார்த்தால் இரும்பு தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் இருப்பதாகக் காணப்படும். எனவே, அறிவியல் வேலைகட்கு வெப்ப நிலையை அளக்க ஒரு கருவி தேவை. இதற்கு வெப்பமானி (Thermometer) எனப்பெயர். இவ்வெப்பமானியை எவ்வாறு அமைப்பது? வெப்பநிலை உயர்வதால்பொருள்கள் விரிவடையும் எனக்கண்டோம். எனவே, பொருள்களின் விரிவை அளந்து அதனால் வெப்பநிலை உயர்வைக் காணலாமன்றோ! இதுவே வெப்பமானி வேலைசெய்யும் தத்துவமாகும். இதுவன்றி வெப்ப நிலை உயர்வால் உண்டாகும் கடத்திகளின் மின் தடைமாற்றம், வெப்ப மின் அழுத்தம் போன்றவற்றையும் பயன்படுத்தி வெப்பமானிகள் அமைக்கலாம். நாம் வெப்பத்தால் விரிவடையும் பண்பினைப் பயன்படுத்தும் வெப்பமானிகளைப் பற்றி மட்டிலும் பார்ப்போம்.

திடப்பொருள்கள் மிகக் குறைவாகவே விரிவடையும். எனவே, இவற்றைப்பயன்படுத்த முடியாது. வாயுக்கள் மிக அதிகமாக விரிவடையும். எனவே, இவற்றின் அளவு பெரிதாக இருக்கும். எனவே, வாயு வெப்பமானிகள் தரப்படுத்தும் (Standardisation) வேலைகட்கேப் பயனுநின்றன. திரவ வெப்பமானிகளே சாதாரண வேலைகட்குரியன. திரவத்திற்கு ஒரு கொள்கலன் தேவையானதாலும் அக்கலத்தின் ஊடு திரவத்தின் விரிவைக் காண வேண்டுமாதலானும் வழக்கமாக ஒரு கண்ணாடிக் குழாயில் திரவம் எடுத்துக் கொள்ளப்பெறும். பெரும்பாலும் கண்ணாடியில் பாதரசம் எடுத்துக் கொள்ளப் பெறும் வெப்பமானிகளே புழக்கத்திலுள்ளன. பாதரசத்தை வெப்பமானித் திரவமாகப் பயன்படுத்துவதில் பல நன்மைகள் உள்ளன. பாதரசத்தைத் தூய்மையாகத் தயாரிக்க முடியும்; இது பளபளப்பான திரவமாதலான் கண்ணாடியின் ஊடு தெளிவாகத் தெரியும், இது கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை; இதன் வெப்ப எண் (Specific heat) குறைவானது எனவே, எந்தப் பொருளின் வெப்ப நிலையைக் காண வேண்டுமோ அதைத் தொடும்படி வைக்க இதன் வெப்பநிலை உயர்ந்து வெப்பச் சமநிலை அடையும்போது இது பொருளிலிருந்து மிகக் குறைந்த வெப்பத்தையே எடுத்துக்கொள்ளும். எனவே, பொருளின் வெப்பநிலையில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் ஏதும் ஏற்படாது. இது நன்கு வெப்பத்தைக் கடத்துமாதலான் தான் தொடர்புகொண்ட பொருளின் வெப்பநிலையை விரைவில் எட்டும். இதன் கொதி நிலை உயர்ந்தது. எனவே, உயர்வெப்ப நிலைகளையும் அளக்கப் பயன்படும். இவ்வளவு நன்மைகள் இருந்தாலும் இதிலும் சில குறைபாடுகள் உள்ளன. இதன் ஒப்பு அடர்த்தி அதிகமானதால் வெப்பமானியின் குமிழ் இதனைத் தாங்க வேண்டும். ஆனால், குமிழானது வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தவேண்டுமாதலான் குமிழ் மெல்லியதாக இருக்க வேண்டும். இது ஒரு பிரச்சினை. இது கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லையாதலான் வெட்டி வெட்டிச் செல்லும். இதன் விரிவுக் கெழு (Coefficient of expansion) ஒப்பீட்டில் சிறிதாகையால் மிகச்சிறு வெப்பநிலை வேறுபாடுகளை அளக்க முடியாது. இதன் உறைநிலை —40° செ. ஆனதால் தாழ் வெப்ப நிலைகளை அளக்க இது உதவாது.

சில நேரங்களில் பாதரசத்திற்குப் பதிலாக சாராயத்தைப் (alcohol) பயன்படுத்துவது உண்டு. இதையும் தூய நிலையில் பெறலாம். இதன் விரிவுக்கெழு அதிகம். எனவே, இதனைப் பயன்படுத்தும் வெப்பமானி உணர்திறம் மிக்கது. இது

கண்ணுடியில் ஒட்டும். எனவே, இதன் இயக்கம் தொடர்ச்சியானது. இதன் கொதி நிலை 78.3°செ. ஆனதால் உயர்வெப்ப நிலைகட்குப் பயன் படாதாயினும் உறை நிலை—114.9° செ. ஆனதால் தாழ் வெப்ப நிலைகட்குப் பெரிதும் உகந்தது. இது ஒளி ஊடுருவும் பொருளாதலான் இதனைக் கண்ணுடியின் ஊடு பார்ப்பது சற்று கடினம்; இதன் விரிவுக்கெழு அதிகமாதலான் பெருமளவுசாராயத்தை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். எனவே, இதன் குமிழின் அளவு பெரிது. அத்தோடு சாராயம் முழுதும் பொருளின் வெப்ப நிலையை அடைய அதிக நேரமாகும். இது எளிதில் ஆவியாகுமாதலான் சாராயத்தின் மேல் உருவாகும் ஆவியின் அழுக்கத்தால் இது காட்டும் அளவு உண்மையான அளவைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

இனி, வெப்பமானியை அமைக்கும் நடைமுறை விவரங்களை பார்க்கும் முன்னர் வெப்ப நிலையை அளப்பதற்குரிய அளவுத் திட்டங்களைப் (scale) பற்றிப் பார்ப்போம். அளவுத் திட்டம் அமைப்பதில் எதிலிருந்து துவக்குவது எதனை அலகாகக் கொள்வது என்று இரு பிரச்சினைகள் உள்ளன. இதற்கென இரு திட்ட நிலைகள் (fixed points) எடுத்துக் கொள்ளப் பெறுகின்றன. திட்ட நிலை என்பது எளிதாக மீண்டும் தோற்றுவிக்கக் கூடியதும் ஒத்த சூழ்நிலைகளில் அளவு மாருமல் இருக்கக்கூடியதுமான வெப்பநிலையாகும். பனிக்கட்டியானது இயல்பான வளி அழுக்கத்தில் (normal atmosphere pressure) உருகுகின்ற வெப்பநிலை கீழ்த்திட்ட நிலையாகும் (lower fixed point). இயல்பான வளிஅழுக்கத்தில் நீர் கொதிக்கும் வெப்பநிலை மேல் திட்டநிலையாக (upper fixed point) எடுத்துக் கொள்ளப் பெறுகின்றன. இத் திட்ட நிலைகளுக்கு மதிப்புகள் கொடுக்கும் முறைமையான் மூவகை அளவு திட்டங்கள் உள்ளன. கீழ்த் திட்ட நிலையை 0° எனவும் மேல் திட்ட நிலையை 100° எனவும் எடுத்துக்கொண்டு இந்த இடைவெளியை 100 சமபகுதிகளாகப் பிரிக்கும் திட்டம் செல்சியஸ் திட்டம் (celsius scale) அல்லது சென்டி கிரேடு திட்டம் (centigrade scale) எனப்படும். கீழ்த் திட்ட நிலையை 32° எனவும், மேல் திட்ட நிலையை 212° எனவும் இவற்றிற்கு இடைப்பட்டதனை 180 சம பகுதிகளாகவும் பிரிக்கும் திட்டம் ஃபாரன்ஹீட் திட்டம் (fahrenheit) எனப்படும். இம் முறையை அமைத்த ஃபாரன்ஹீட் பனிக்கட்டியும் நீரும் சமநிலையில் உள்ள வெப்பநிலையை 0° என எடுத்துக் கொள்ளாமல், அவர் தன் ஆய்வுக் கூடத்தில் செய்தபோது பனிக் கட்டியும் உப்பும் கலந்த கலவையின் வெப்ப நிலையை 0° எனவும் (உண்மையில் இது $-9°F$ இருக்கும்) மனிதனின் உடல் வெப்ப

நிலையை 96° எனவும், (இதற்குரிய காரணம் தெரியவில்லை) எடுத்துக் கொண்டதாலேயே இவ்வாறு தன் திட்டத்தை உருவாக்கினர். இவ்விரண்டு முறைகளன்றி கீழ்த்திட்ட நிலையை 0° எனவும் மேல் திட்ட நிலையை 80° எனவும் எடுத்துக்கொள்ளும் ஒரு முறை, ரோமர் (Reaumer) திட்டம் எனப்படும். இவற்றுள் முதல் இரண்டு முறைகளும்தான் பெருவழக்கில் உள்ளன; அறிவியல் துறையில் பத்தின் பகுதிகளாக அமைந்த சென்டிகிரேடு அளவுத் திட்டமே பெரிதும் பயன்படுகிறது.

ஒரு திட்டத்தில் அளந்த வெப்ப நிலையைக் கீழ்க்கண்டவாறு வேறு திட்டத்திற்கு மாற்றிக் கொள்ள முடியும். சென்டிகிரேடு திட்டத்தில் 100 பகுதிகள், ஃபாரன்ஹீட்டில் 180 பகுதி

சென்டிகிரேடு	0	C	100
ஃபாரன்ஹீட்	32	F	212
ரோமர்	0	R	80

படம் 5.1

களுக்கும் ரோமர் திட்டத்தில் 80 பகுதிகளுக்கும் சமமாதலான், 100 சென்டிகிரேடு டிகிரிகள் 180 ஃபாரன்ஹீட் டிகிரிகளுக்கு, 80 ரோமர் டிகிரிகளுக்கும் சமம். ஆனால், ஃபாரன்ஹீட்டில் மட்டும் ஆரம்ப நிலை 32 ஆனதால், ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை மூன்று திட்டங்களிலும் $\theta^\circ_1\ C$,

$\theta_2^\circ\ F\ \theta_3^\circ\ R$ ஆனால்

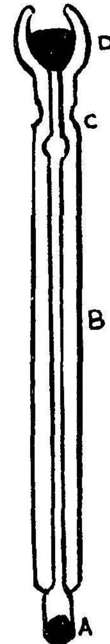
$$\frac{\theta_1}{100} = \frac{\theta_2 - 32}{180} = \frac{\theta_3}{80}$$

என்பது எளிதில் விளங்கும்.

கண்ணாடியில் பாதரசம் உள்ள வெப்பமானியை அமைத்தல்

ஒரே சீரான குறுக்களவுடைய ஒரு நுண்துளைக் குழாயின் (capillary tube) ஒரு முனையில் ஒரு நீண்ட குமிழும் (A) மறு முனையில் ஒரு புனலும் (D) இருக்குமாறு ஊதப் பெறுகின்றன.

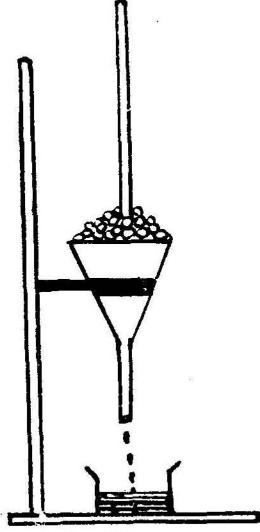
புனலுக்குக் கீழே (C) குழாய் சற்று குறுகலாக இருக்கும்படி குழாய் இளக்கி இழுக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் நுண்துளையின் குறுக்களவு மாறக்கூடாது. குழாய் சூடாக்கி ஊதப் பெற்றதால் தானாக நன்கு குளிர்ந்த தன் பழைய நிலையை எய்தும்படி சிலநாட்கள் வைக்கப் பெற்றிருக்கும். பின்னர் புனலுள் போதுமான அளவு தூய பாதரசம் எடுத்துக் கொள்ளப் பெறும். குழாய் நுண்துளை உடையதாகையால் பாதரசம் உள்ளிறங்காது. இதற்கென, குமிழ் சூடாக்கப்படும். இதனால் குமிழிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து பாதரசத்தின் வழியே குமிழிட்டு வெளியேறும். இப்போது குமிழைக் குளிரச் செய்தால் உள்ளுள்ள காற்றுச் சுருங்க, உள்ளே அழுக்கம் குறைய, சிறிதளவு பாதரசம் உள்ளிறங்கும். மீண்டும் இதேபோல் மாற்றி மாற்றிச் சூடாக்கிக் குளிரவைத்து குமிழ் முழுவதையும் போதுமான அளவு பாதரசத்தால் நிரப்பலாம். பின்னர், நாம் இந்த வெப்பமானி எந்த உயர்ந்த வெப்ப நிலை வரை அளக்க வேண்டும் என்று திட்டமிடுகிறோமோ அதனினும் சற்று உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் குமிழை வைக்க வேண்டும். பாதரசம் விரிவடைந்து குமிழிலிருந்து நுண்துளையில் ஏறிக்குழாய் முழுவதையும நிரப்பும். இதே நிலையில் வைத்துக் கொண்டு மேலுள்ள குறுக்கத்தில் உருக்கி இழுக்கப்பெற்று மூடிவிடப் படும்.



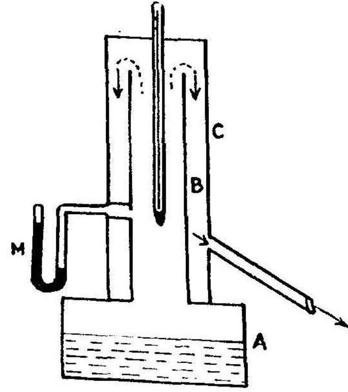
படம் 5.2

இப்போது இதனை அளவுக் குறியிடு (graduate) செய்ய வேண்டும். இதற்கு முதலில் வெப்பமானி தன் பழைய நிலையையெய்த பல நாள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். பின்னர், இதன் குமிழ் மட்டிலும் ஒரு புனலிலுள்ள தூய பனிக்கட்டித் துண்டுகளினுள் புதைத்து வைக்கப்படும்; வெப்பமானியில் பாதரசம் மட்டும் வெளிப்புறமாகத் தெரியும்படி இது வைக்கப்படும். பனிக்கட்டித்தானாக உருகிக் கொண்டிருக்கும்போது குழாயில் பாதரசமட்டம் குறித்துக் கொள்ளப்படும். இதுவே, கீழ்த் திட்ட நிலையாகும்.

மேல் திட்ட நிலையைக் குறிப்பதற்காக இது ஒரு ஹிப்சா மீட்டர் (Hypsometer) எனப்படும் கருவியினுள் வைக்கப்படும். இது ஒரு கொதிகலனை (A) உடையது. இக்கொதிகலனின்மீது



படம் 5.3



படம் 5.4

ஒரு உயரமான குழாய் (B) உள்ளது. இக்குழாயை வேறொரு குழாய் (C) ஓரச்சாகச் சூழ்ந்துள்ளது. கொதிகலனில் உள்ள நீரைச் சூடாக்க ஆவியாகி நடுக் குழாய் வழியே சென்று இதற்கும் வெளிக்குழாய்க்கும் இடையேயுள்ள வெளி வழியே சென்று வெளியேறுகிறது. இதனுல் வெப்பமானி எப்போதும் நீராவியின் வெப்பநிலையில் வைக்கப்படுகிறது. நீராவியின் அமுக்கம் M எனும் அமுக்கமானியால் அளக்கப்படுகிறது. வெப்பமானியில் பாதரசம் ஒரே நிலையில் மாருமல் நிற்கும் போது அம்மட்டம் குறித்துக்கொள்ளப்படுகிறது. நீராவி இயல்பான வளி அமுக்கத்தில், அதாவது. 760 மி.மீ. பாதரசத்தில் உள்ளபோதுதான் 100° C–ல் இருக்கும். வளி அமுக்கம் 1 மி.மீ. குறைவாக இருந்தால் வெப்பநிலை 0·037°C குறைவாக இருக்கும். அவ்வாறே 1 மி.மீ. அதிகரித்தால் 0·037° C அதிகரிக்கும். எனவே, வளி அமுக்கம் 7·5 மி. மீ. இருந்திருக்குமாஞல் நாம் குறித்துக்கொண்ட இடம் 99·815° செ. ஐத்தான் குறிக்கும். இதிலிருந்து 100° C எந்த இடத்திற்கு நேரானது

என்று கணக்கிட்டுக் குறித்துக்கொள்ளலாம். இந்தப் புள்ளிக்கும் கீழ் வெப்ப நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளிக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை 100 சம பகுதிகளாகப் பிரித்தால் ஒவ்வொன்றும் 1°C ஐக் குறிக்கும்.

சில தனிவகை வெப்பமானிகள்

(i) மருத்துவர் வெப்பமானி அல்லது காய்ச்சல்மானி (Clinical thermometer).

இது உடலின் வெப்பநிலையைக் காண்பதற்குப் பயன்படும் வெப்பமானியாகும். இதுவும் ஒரு சாதாரண கண்ணுடியில் பாதரசம் உள்ள வெப்பமானியே. ஆனல் இதில் சில சிறு வேறுபாடுகள் உள்ளன. உடலின் வெப்பநிலை இயல்பாக 98·4° *F*



படம் 5·5

ஆனதாலும், இது எந்நாளும் 96° *F*–க்குக் கீழோ அல்லது 106° *F*-க்கு மேலோ செல்வதில்லையாகையினலும், இது 95° *F*-லிருந்து 110° *F* வரைதான் அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும். உடலின் இயல்பான வெப்ப நிலையாகிய 98·4° *F*-க்கு நேராக ஒரு அம்புக் குறியிடப்பட்டிருக்கும். இதன் முகப்பு ஒரு வில்லை அமைப்பில் இருப்பதனல் எளிதில் இதில் அளவுகளைக் கண்டு கொள்ளலாம்.

வெப்பமானியை நாக்கின் அடியிலோ அல்லது அக்குளிலோ வைத்து உடலின் வெப்பநிலையைக் காணலாம். ஆனல் நாக்கின் அடியில் வைத்த நிலையில் அளவெடுப்பது தொல்லையானதால் இதனை வெளியில் எடுத்தபின்னரும் பாதரச இழை பழைய நிலையிலேயே இருப்பதற்காகவேண்டி, வெப்பமானியின் குமிழுக்கு மேலே குழாயின் நுண்துளை சற்று வளைந்து ஒரு கொக்கிபோல் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். வெப்பமானியை நாவில் வைக்க வெப்பநிலை உயர்வதால் விரிவடையும் பாதரசம் இவ் வளைந்த கொக்கியின் ஊடு சென்றுவிடும். ஆனல் வெளியில்

எடுத்தவுடன் இது தானுகக் கீழிறங்க முடியாது. பழைய நிலைக்குக் கொணர வெப்பமானியை நன்ருக உதறவேண்டும்.

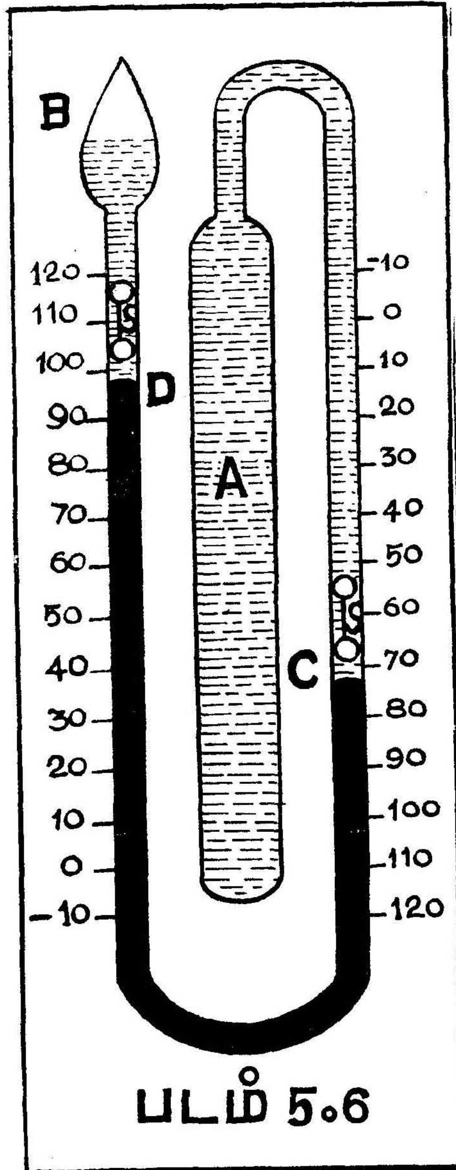
இவ்வெப்பமானி 110° F-க்குமேல் அளக்காதாகலின் வெந்நீரில் வைத்தால் உடைந்துவிடும். எனவே, இதனைத் தண்ணீரிலேயே கழுவவேண்டும்.

ஸிக்ஸின் பெரும சிறும வெப்பமானி (Six's maximum minimum thermometer)

ஒவ்வொரு நாளும் உள்ள மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையையும், மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையையும் தானுகப் பதிவு செய்துகொள்ளும் ஒன்றே ஸிக்ஸின் பெரும சிறும வெப்பமானியாகும். இது ஒரு பெரிய உருளை வடிவிலுள்ள கண்ணுடிக் குமிழை உடையது (A). இது மற்ருெரு சிறிய குமிழ் (B) உடன் ஒரு 'U'-குழாயால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. U-குழாயில் அடிப் பகுதியிலும் அதன் புயங்களில் C,D எனும் மட்டங்கள் வரையும் பாதரசம்எடுத்து கொள்ளப்பட்டுள்ளது. A குமிழும் U-குழாயின் எஞ்சிய பகுதியும் சாராயத்தால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். குழாயின் மறுபுயத்தில் D-க்கு மேலும் சாராயம் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டிருக்கும். இது B குமிழின் ஒரு பகுதியை நிரப்பும். அதற்கு மேலே குமிழ் சாராய ஆவியினுல் நிரப்பப் பெற்றிருக்கும். இரு புயங்களிலும் பாதரசத்திற்கு மேலே இரு எஃகுக் காட்டிகள் (Steel indices) உள்ளன. எந்த ஒரு புயத்திலும் சாராயம் மேலே ஏறினுல் அங்குள்ள எஃகுக் காட்டியினை மேலே தள்ளிக் கொண்டு செல்லும். ஏனெனில், எஃகு பாதரசத்தைவிட அடர்த்தி குறைந்தது. ஆனுல், பாதரசம் கீழே இறங்கினுல் இதுவும் கீழே இறங்குமல்லவா? இதைத் தவிர்ப்பதற்கென ஒவ்வொரு எஃகுக் காட்டியோடும் ஒவ்வொரு வில் (Spring) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது குழாயின் சுவரை அழுத்திப் பிடித்துக்கொள்ளும்.

வெளிப்புறத்தில் வெப்பநிலை உயர்ந்தால் A குமிழிலுள்ள சாராயம் விரிவடைந்து பாதரசத்தைக் கீழே தள்ளும். இதனுல் மறுபுயத்தில் சாராயம் மேலே உயரும். இது அங்குள்ள எஃகுக் காட்டியினை S_2 மேலே தள்ளிக்கொண்டு செல்லும். வெப்பநிலைக் குறையும்போது A குமிழில் சாராயம் சுருங்க பாதரச மட்டம் இந்த புயத்தில் ஏற, மறு புயத்தில் சாராயம் கீழே

இறங்கும். ஆனால், இப்போது S_2 கீழே இறங்காது ; S_1 மேலே ஏறும். இவ்வாறாக, S_1 ஒரு நாளின் மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலை



படம் 5.6

யையும் S_2 மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலையையும் காட்டும். ஒவ்வொரு

நாளும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் சிறு காந்தக் கட்டையினைப் பயன்படுத்தி எஃகுக் காட்டிகளை பாதரச மட்டங்களில் இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) உடலின் இயல்பான வெப்பநிலையை சென்டிகிரேடிலும், ரோமரிலும் கண்டுபிடி.

உடலின் இயல்பான வெப்பநிலை = 98·4°F

$$\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}=\frac{R}{80}$$ எனும் வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$\frac{C}{100}=\frac{98{\cdot}4-32}{180}=\frac{R}{80}$$

அல்லது, $$\frac{C}{100}=\frac{66{\cdot}4}{180}=\frac{R}{80}$$

அல்லது, $$C=\frac{66{\cdot}4}{180}\times 100=36{\cdot}89^\circ.$$

$$R=\frac{66{\cdot}4}{180}\times 80=29{\cdot}51^\circ.$$

எனவே, உடலின் இயல்பான வெப்பநிலை = 36·89° C, அல்லது, 29·51° R.

வெப்பத்தினுல் பொருள்கள் விரிவடைதல்

திடப்பொருள்கள் விரிவடைதல்

திடப்பொருள்களைச் சூடாக்கும்போது அவற்றின் நீளம், அகலம், உயரம் ஆகிய மூன்று அளவுகளுமே அதிகரிக்கின்றன. எனவே, நீள விரிவு, பரப்பு விரிவு, கன விரிவு என்ற மூவகை விரிவுகளைப்பற்றி நாம் காணலாம். எந்த ஒரு பொருளும் எந்த அளவுக்கு விரிவடையும் என்பது அதன் அளவையும், உயரும் வெப்பநிலையையும் மட்டுமல்லாது, அது எப்பொருளால் ஆனது என்பதனையும் குறிக்கும். இதனை வெப்பக்கெழு என்ற ஒன்ருல் நாம் குறிக்கின்ருேம்.

நீள விரிவுக்கெழு (Coefficient of linear expansion)

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலை 1° உயரும்போது அதன் நீளம் எவ்வளவு அதிகரிக்கின்றதோ அதற்கும் அதன் ஆரம்ப நீளத்திற்கும் இடையேயுள்ள விகிதமே அத்திடப்பொருளின் நீள விரிவுக்கெழு எனப்படும்.

எனவே, ஒரு திடப்பொருளின் நீளம் θ_1°C-யில் l_1 ஆகவும், θ_2°C-யில் l_2 ஆகவும் இருந்தால்,

அதிகரிக்கும் நீளம் $= l_2 - l_1$

வெப்பநிலை உயர்வு $= \theta_2 - \theta_1$

எனவே, 1°C வெப்பநிலை உயர்வுக்கு அதிகமாகும் நீளம் $= \dfrac{l_2 - l_1}{\theta_2 - \theta_1}$

எனவே, நீள விரிவுக்கெழு, $\alpha = \dfrac{l_2 - l_1}{l_1(\theta_2 - \theta^1)}$

மேலும், $\alpha \cdot l_1(\theta_2 - \theta_1) = l_2 - l_1$

அல்லது, $l_2 = l_1 + l_1 . \alpha(\theta_2 - \theta_1)$

அல்லது, $l_2 = l_1\left[1 + \alpha(\theta^2 - \theta_1)\right]$

ஒரு பொருளின் நீளம் ஏதேனும் ஒரு வெப்பநிலையில் தெரிந்தால் வேறொரு வெப்பநிலையில் அதன் நீளத்தை இந்தச் சமன்பாட்டைக்கொண்டு கணக்கிடலாம்.

பரப்பு விரிவுக்கெழு (Coefficient of Superficial or areal expansion)

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி உயரும்போது அதன் பரப்பளவு எவ்வளவு அதிகமாகிறதோ அதற்கும் அதன் ஆரம்பப் பரப்பளவுக்கும் உள்ள விகிதமே, அத்திடப்பொருளின் பரப்பு விரிவுக்கெழு எனப்படும்.

எனவே, θ_1° C–ல் ஒரு பொருளின் பரப்பளவு A_1 ஆகவும், θ_2° C-ல் A_2 ஆகவும் இருந்தால்,

அதிகரிக்கும் பரப்பளவு $= A_2 - A_1$

வெப்பநிலை உயர்வு $= t_2 - t_1$

எனவே, 1°C வெப்பநிலை உயர்வுக்கு அதிகரிக்கும் பரப்பளவுக்கு $\Big\} = \dfrac{A_2 - A_1}{\theta_2 - \theta_1}$

எனவே, பரப்பு விரிவுக்கெழு, $\beta = \dfrac{A_2 - A_1}{A_1(\theta_2 - \theta_1)}$

மேலும், $\beta A_1(\theta_2 - \theta_1) = A_2 - A_1$

அல்லது, $A_2 = A_1 + \beta A_1(\theta_2 - \theta_1)$

அல்லது, $A_2 = A_1\Big[1 + \beta(\theta_2 - \theta_1)\Big]$

ஒரு பொருளின் பரப்பளவு ஒரு வெப்பநிலையில் தெரிந்திருந்தால் வேறு வெப்பநிலைகளில் அதன் பரப்பளவை இச்சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

கன விரிவுக்கெழு

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி உயரும்போது அதன் கன அளவு எவ்வளவு அதிகரிக்கிறதோ, அதற்கும் அதன் ஆரம்ப கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே அத்திடப் பொருளின் கன விரிவுக்கெழு எனப்படும்.

ஒரு திடப்பொருளின் கன அளவு θ_1°C-ல் V_1 ஆகவும், θ_2°C-ல் V_2 ஆகவும் இருந்தால், முன்போல்,

கன விரிவுக்கெழு $\gamma = \dfrac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)}$ எனவும்,

$$V_2 = V_1\Big[1 + \gamma(\theta_2 - \theta_1)\Big]$$

எனவும் காட்டலாம்.

நீள, பரப்பு, கன விரிவுக்கெழுக்களிடையே தொடர்பு

ஒரு செ. மீ. பக்கமுடைய ஒரு சதுரத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். இதன் பரப்பளவு ஒரு சதுர செ. மீ. இப்போது, இதன் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்தினால் இதன் ஒவ்வொரு பக்கமும் நீள விரிவுக்கெழுவின் வரையறைப்படி α அளவு அதிகரிக்கும். (α என்பது அப்பொருளின் நீள விரிவுக்கெழு). எனவே, சதுரத்தின் புதிய பரப்பளவு $= (1+\alpha)^2$

$$= 1 + 2\alpha + {}^2.$$

α என்பது சிறியதாகையால் α^2 மிகவும் சிறிதாக இருக்கும். எனவே, இதனைப் புறக்கணித்து விடலாம். எனவே,

புதிய பரப்பளவு $= 1+2\alpha$. எனவே,

அதிகரிக்கும் பரப்பளவு $= 1+2\alpha-1 = 2\alpha$.

ஆனால், ஒருசதுர செ.மீ. பரப்பளவுள்ள ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை 1° உயரும்போது அதிகரிக்கும் பரப்பளவே பரப்பு விரிவுக் கெழு (β) ஆனதால், இதுவே β ஆகும்.

எனவே, $\beta = 2\alpha$. அல்லது,

பரப்பு விரிவுக்கெழு $= 2 \times$ நீள விரிவுக்கெழு.

இவ்வாறே, ஒரு செ.மீ. பக்கமுடைய ஒரு கன சதுரத்தின் வெப்பநிலையை $1^\circ C$ உயர்த்த,

அதன் ஆரம்ப கன அளவு $= 1\times 1\times 1 = 1$ கன செ.மீ.

இறுதி கன அளவு $= (1+\alpha)^3$
$= 1+3\alpha+3\alpha^2+3\alpha^3$.

முன்போல் $\alpha^2 \alpha^3$ ஆகியவைச் சிறிதெனப் புறக்கணித்தால்,

இறுதி கன அளவு $= 1+3\alpha$. எனவே,

அதிகரிக்கும் கன அளவு $= 1+3\alpha-1 = 3\alpha$.

வரையறைப்படி 1 கன செ.மீ. கன அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலை $1^\circ C$ உயரும்போது அதிகரிக்கும் கன அளவே கன விரிவுக்கெழு γ ஆனதால், $\gamma = 3\alpha$. அல்லது,

கன விரிவுக்கெழு $= 3\times$ நீள விரிவுக்கெழு.

எனவே, ஒரு பொருளின் நீள, பரப்பு, கன விரிவுக்கெழுக்கள் முறையே 1 : 2 : 3 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும்.

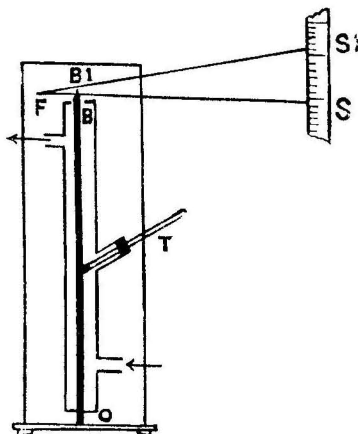
சோதனை 5·1

கோல் வடிவத்திலுள்ள ஒரு திடப்பொருள்களின் நீள விரிவுக் கழுவினைக் காணல்.

எப்பொருளின் நீள விரிவுக் கெழுவினைக் காணவேண்டுமோ அதனை சுமார் 75 செ.மீ. நீளமும், $\frac{3}{4}$ செ.மீ. விட்டமும் உடைய

ஒரு கோல் வடிவத்தில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இது செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு உள்ளீடற்ற உறையினுள் வைக்கப்படவேண்டும். இந்த உறையினுள் நீராவியினைச் செலுத்துவதற்கொரு துளையும், நீராவி வெளியேற ஒரு துளையும், ஒரு வெப்பமானியைச் செலுத்துவதற்கென ஒரு துளையும் இருக்கும். கோல் அடிப்பக்கத்தின்மீது நிற்பதால் கீழ்நோக்கி விரிவடைய முடியாது. இதன் மேல் பக்கம் ஒரு கத்திமுனை வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சூடாக்கும் போது இந்த முனைதான் மேல்நோக்கி விரிவடையும். இந்த விரிவினை அளப்பதற்கு ஒரு நெம்புகோல் பயன்படுகிறது. இந்த நெம்புகோல் இலேசானதாக இருக்கும். இதன் ஆதார நிலை Fல் உள்ளது. இது கோலின்மேல் முனையின்மீது B எனும் இடத்தில் படுகிறது. நெம்புகோலின் மறு முனை செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மீட்டர் அளவுகோலின்மீது நகருகிறது.

முதலில் கோலினை வெளியில் எடுத்து அதன் நீளத்தை ($OB= l$) அளந்து கொள்ள வேண்டும். பிறகு அதனை நீராவி உறைக்குள் வைத்துவிட்டு, வெப்பமானி T ஐ அதற்கென



படம் 5.7

உள்ள துளை வழி செலுத்தி கோலினைத் தொடுமாறு வைத்து கோலின் ஆரம்ப வெப்ப நிலை θ_1°C ஐக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். நெம்புகோலை அதனிடத்தில் பொருத்தி அளவு கோலின்மீது அதுகாட்டும் அளவைக் (S) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு நீராவியை வேறிடத்தில் தோற்றுவித்து

அதனை நீராவி உறையுள் செலுத்த வேண்டும். இது கோலி னைச் சுற்றிச் சுற்றி செல்லும்போது அதன் வெப்பநிலையை உயர்த்தி அதனை விரிவடையச் செய்யும். அதனால் கோலின் முனை மேல்நோக்கி நகர்ந்து நெம்புகோல் அளவுகோலின் மீது நகரும். கோல் முழுவது நீராவியின் வெப்பநிலையை அடைந்தபிறகு நெம்புகோலின் இயக்கமும் முடிவடைந்து அது அளவுகோலின்மீது நிலையாக நின்றுவிடும். இந்த அளவை யும் (S_1) வெப்பமானி காட்டும் அளவையும் (θ_2°C) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

கோலின் வெப்பநிலை $(\theta_2-\theta_1)$°C உயரும்போது அதன் நீளம் BB_1 தூரம் அதிகரிக்கிறது. FBB_1, FSS_1 ஆகிய ஒத்த முக்கோணங்களிலிருந்து,

$$\frac{BB_1}{FB}=\frac{SS_1}{FS}$$

எனவே, $BB_1 = SS_1 \times \dfrac{FB}{FS}$

FB, FS ஆகிய தூரங்களை இப்போது அளந்துவிட்டால் BB_1 தெரியும். எனவே,

நீள விரிவுக்கெழு, $\alpha = \dfrac{\text{அதிகரிக்கும் நீளம்}}{\text{ஆரம்ப நீளம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$

அல்லது, $\alpha = \dfrac{BB_1}{l(\theta_2-\theta_1)}$

அல்லது, $\alpha = SS_1 \times \dfrac{FB}{FS} \times \dfrac{1}{l(\theta_2-\theta_1)}$

குறிப்பு

இதே சோதனையை ஒரு கோளமானியைக் கொண்டும் செய்யலாம். அப்போது, கோலின் மேல்முனை கத்திமுனை போன்று அமைக்கப்படாமல் தட்டையாக இருக்கும். கோள மானியின் திருகு இதன் மீதும், அதன் கால்கள் வேறொரு நிலையாகப் பொருத்தபெற்ற ஒரு கிடையானக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீதும் இருக்குமாறு வைத்து கோல் அதிகரிக்கும் நீளத்தைக் காண்டுகொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) நீளங்களை அளப்பதற்கு ஒரு எஃகு நாடா பயன்படுகிறது. 30°C-ல் அதைக் கொண்டு ஒரு நீளத்தை 3000அடி என அளக்கிறார்கள். அந்த நாடா 15°C-ல் அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்குமானால், இந்த அளவில் உள்ள பிழை என்ன? எஃகின் நீள விரிவுக்கெழு=0·000011.

15°C-ல் அளவுக்குறியீடு செய்யப்பட்டதால் நாடா 15°C-ல் தான் சரியான அளவைக் காட்டும். 30°Cல் அதன் நீளம் அதிகரித்திருக்கும். எனவே, நாம் அளக்கும் அளவு உண்மையான நீளத்தை விடக் குறைவு. நாடா இந்த வெப்ப நிலையில் என்ன நீளம் இருக்குமோ அதுதான் சரியான அளவாகும். எனவே,

$$l_2 = l_1 \, [\, 1 + \alpha \, (\theta_2 - \theta_1) \,]$$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$l_2 = 3000 \, [\, 1 + 0.000011 \, (30-15) \,]$$

அல்லது, $l_2 = 3000.495$ அடி

எனவே, பிழை $= 3000.495 - 3000$

$= 0.495$ அடி.

(2) 4 அடி விட்டமுடைய ஒரு இரும்பு வளையம் ஒரு வண்டியின் மரச்சக்கரத்தின்மீது பொருத்தப்படவேண்டும். சக்ரத்தின் விட்டம் வளையத்தினுடையதை விட $\frac{1}{4}$ அங்குலம் பெரியது. எனவே, வளையத்தை சக்கரத்துள் பொருத்த அதன் வெப்பநிலையை எவ்வளவு உயர்த்த வேண்டும்? இரும்பின் நீள விரிவுக் கெழு $= 1{\cdot}2 \times 10^{-5}/^\circ C$.

இரும்பு வளையத்தின் வெப்பநிலையை θ°C உயர்த்த வேண்டும் எனக் கொள்வோம்.

வளையத்தின் ஆரம்பச் சுற்றளவு $= \pi \times 48$ அங்குலம்

வளையத்தின் இறுதிச் சுற்றளவு $= \pi \times 48{\cdot}25$ அங்குலம்

எனவே, சட்டத்தின் நீளம் அதிகரிக்க வேண்டிய அளவு $= \pi \times 48{\cdot}25 - \pi \times 48$

அல்லது, அதிகரிக்கவேண்டிய நீளம் = 0.25π அங்குலம்.

எனவே, $\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(\theta_2 - \theta_1)}$ எனும் சமன்பாட்டைப்

பயன்படுத்த, $1.2 \times 10^{-5} = \frac{0{\cdot}25\pi}{48\pi \times \theta}$

அல்லது, $\theta = \frac{0{\cdot}25}{48 \times 1.2 \times 10^{-5}}$

அல்லது, $\theta = \frac{0.25 \times 10^{-5}}{48 \times 1.2} = 434°C.$

(3) ஒரு இருப்புப் பாதை அமைக்க, 0°C-ல் 15 மீட்டர் நீளமுடைய தண்டவாளங்கள் 15°Cல் பயன்படுத்தப்பெற்றன. அந்தப் பகுதியில் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலை 50°C ஆக இருக்கக் கூடுமாகுல் தண்டவாளங்களுக்கிடையே விடவேண்டிய மிகக் குறைந்த தூரம் என்ன? இரும்பின் நீள விரிவுக்கெழு =0·000014 /°C.

$l_2 = l_1 [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)]$

15°C தண்டவாளத்தின் நீளம் $= 15 [1 + 0.000014 (15 - 0)]$

$= 15 [1.00021]$ மீட்டர்

50°C ல் தண்டவாளத்தின் நீளம் $= 15 [1 + 0{\cdot}000014 (50 - 0)]$

$= 15 [1.0007]$ மீட்டர்

எனவே, மிகக்குறைந்த இடைவெளி $= 15 (1.0007) - 15 (1.00021)$

$= 15 \times 0.00049$

$= 0.00735$ மீட்டர்

$= 0.735$ செ. மீ.

திரவங்கள் விரிவடைதல்

திடப்பொருள்களைப் போலல்லாமல் திரவங்களுக்கு ஒரு கொள்கலம் தேவை. எனவே, ஒரு திரவத்தைச் சூடாக்க வேண்டுமெனில் அது உள்ள கொள்கலனும் சூடாகிறது. எனவே, கொள்கலனின் கன அளவு அதிகரிக்கிறது. அதனுல், நாம் திரவத்தின் கன அளவு எவ்வளவு அதிகரிக்கின்றது எனக் காண்கிறுேமோ அது உண்மையான விரிவு அல்ல; தோற்ற

விரிவே, எனவே, உண்மையான விரிவினைக் காணவேண்டுமெனில் கொள்கலனின் விரிவையும் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இதனால் இரு வகையான விரிவுக் கெழுக்கள் திரவங்களுக்கு வரையறுக்கப்படுகின்றன. அவை தோற்ற விரிவுக்கெழு (Coefficient of apparent expansion), உண்மையான அல்லது தனி விரிவுக்கெழு (Coefficient of real of obsolute expansion) எனப்பெறும்.

எல்லா கன அளவுகளையும் கொள்கலனோடு தொடர்புபடுத்தி அளக்கும்போது, குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி உயர்த்தினால் அதன் கன அளவு எவ்வளவு அதிகரிக்குமோ, அதற்கும் அதன் ஆரம்ப கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே அத்திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழு ஆகும்.

எனவே, θ_1, θ_2 வெப்ப நிலைகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு திரவத்தின் கன அளவுகள் (கொள்கலனில் அளக்கும்போது) V_1, V_2, ஆனால், அதன்

$$\text{தோற்ற விரிவுக்கெழு } C = \frac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

அல்லது, $$V_2 = V_1 [1 + C(\theta_2 - \theta_1)]$$

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி உயர்த்தும்போது அதன் கன அளவு உண்மையில் எவ்வளவு அதிகரிக்கிறதோ, அதற்கும் அதன் ஆரம்ப கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே அத்திரவத்தின் தனி விரிவுக்கெழு ஆகும்.

தோற்ற, தனி விரிவுக் கெழுக்களிடையே தொடர்பு

நீண்டதும், குறுகிய, சீரான குறுக்களவு உடையதுமான கழுத்தை உடைய ஒரு குடுவையில் A வரையில் ஒரு திரவத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். A வரை குடுவையின் கன அளவு V எனவும், கழுத்தின் குறுக்களவு a எனவும் கொள்வோம். இப்போது இக்குடுவையைச் சூடாக்குவோம். இதனால், முதலில் குடுவை மட்டிலும் $\theta°$ C வெப்பநிலை உயர்வதாகக் கொள்வோம். இதனால் திரவமட்டம் Bக்கு இறங்கும். எனவே, குடுவையின் கன அளவு அதிகரித்த அளவு $= AB \times a$ என்பது தெளிவு. எனவே,

குடுவையின் கன விரிவுக்கெழு $\gamma = \frac{AB \times a}{V \times \theta}$

அல்லது, $$AB = \frac{V.\theta.\gamma}{a} \longrightarrow (1)$$

இப்போது வெப்பத்தை திரவம் எடுத்துக்கொண்டு அதன் வெப்பநிலையும் $\theta°C$ உயர்வதாகக் கொள்வோம். இதனால் திரவமட்டம் Dக்கு உயரட்டும். எனவே, திரவத்தின் தனி விரிவு $= BD \times a$. எனவே,

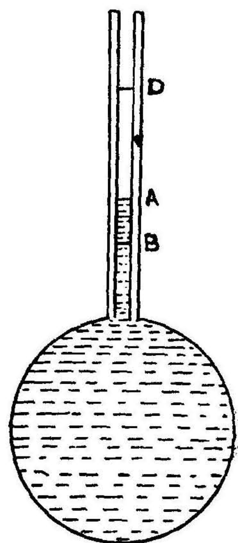
திரவத்தின் தனி விரிவுக்கெழு

$$C' = \frac{BD \times a}{V \times \theta}$$

அல்லது,

$$BD = \frac{V.\theta.C'}{a} \longrightarrow (2)$$

ஆனால், நாம் திரவம் A விருந்து Dக்கு உயர்வதாகத்தானே காண்போம். எனவே, திரவத்தின் தோற்ற விரிவு $AD = a$.



படம் 5.8

எனவே, திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழு, $C = \frac{AD \times a}{V \times \theta}$

அல்லது, $$AD = \frac{V.\theta.C}{a} \longrightarrow (3)$$

ஆனால், $$BD = AD + AB$$

எனவே, $$\frac{V.\theta.C'}{a} = \frac{V.\theta.C}{a} + \frac{V.\theta.\gamma}{a}$$

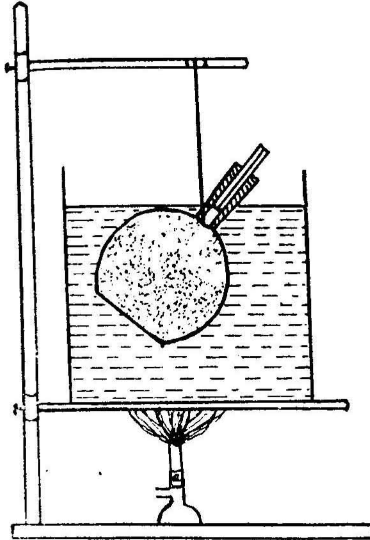
அல்லது, $$C' = C + \gamma$$

அதாவது, திரவத்தின் தனி விரிவுக்கெழுவானது அதன் தோற்ற விரிவுக்கெழு, கொள்கலனின் கன விரிவுக் கெழு ஆகியவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

சோதனை 5.2

ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழுவைக் காணல்.

காலியான நன்றாக உலர்ந்த ஒரு அடர்த்திக் குப்பியினை எடுத்துக் கொண்டு அதன் பொருண்மை (m_1)-ஐ ஒரு பௌதிகத் தராசின் துணைகொண்டு காண வேண்டும். பிறகு இதனை முழுவதும் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தால் நிரப்பி மூடி, மூடியின்



படம் 5.9

வழியே வழியும் திரவத்தைத் துடைத்துவிட்டு, குப்பிக்குள் காற்றுக் குமிழ்கள் இல்லாமல் பார்த்துக் கொண்டு, இதன் பொருண்மை (m_2)-ஐக் காண வேண்டும். திரவத்தின் வெப்பநிலை (θ_1)–ஐக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இப்போது, திரவம் நிறைந்த குப்பியை ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரில் அதன் கழுத்து மட்டிலும் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும்படி அமிழ்த்தி வைத்துப் பாத்திரத்திலுள்ள நீரைச் சூடாக்க வேண்டும். இதனால் திரவம் விரிவடைந்து மூடியிலுள்ள துளை

வழியே வெளியே வழியும். இதனை அவ்வப்போது ஒரு மை ஒற்றுத்தாளால் (Blotting paper) நீக்கி விடவேண்டும். குப்பியிலுள்ள திரவம் முழுதும் நீர் கொதிக்கும் வெப்ப நிலையை அடைந்து விட்டால் மேற்கொண்டு திரவம் கசியாது. இப்போது விரிவு முடிந்துவிட்டது. இந்த நிலையில் கொதிக்கும் நீரின் வெப்பநிலையைக் (θ_2) குறித்துக்கொண்டு, குப்பியை வெளியில் எடுத்து, குளிரவைத்து, அதன் வெளிப்புறத்தை நன்கு துடைத்துவிட்டு மீண்டும் அதன் பொருண்மை (m_3) ஐக் காணவேண்டும். இச்சோதனை முழுவதிலும் குப்பியை அதன் கழுத்தைப் பிடித்துதான் தூக்கவேண்டும். இல்லெனின், உடல் வெப்பத்தால் திரவம் விரிவடைந்து வழிய வழியுண்டு. திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழுவைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்:

குப்பியை θ_1°C ல் நிரப்பும் திரவத்தின் பொருண்மை $\Big\} = m_1 - m_1 = M_1$

குப்பியை θ_2°Cல் நிரப்பும் திரவத்தின் பொருண்மை $\Big\} = m_3 - m_1, = M_2$

குப்பியின் கன அளவு V என (வெப்பநிலை உயர்வால் இது மாறவில்லை என்று கொள்வோம்) எடுத்துக்கொண்டால், θ_1, θ_2° C வெப்பநிலைகளில் M_1, M_2 கிராம் திரவங்கள் V கன அளவு உள்ளன. எனவே,

θ_1°C ல் 1 கிராம் திரவத்தின் கன அளவு $= \dfrac{V}{M_1} = v_1$

θ_2°C ல் 1 கிராம் திரவத்தின் கன அளவு $= \dfrac{V}{M_2} = v_2$

வரையறைப்படி,

தோற்றவிரிவுக்கெழு $C = \dfrac{v_2 - v_1}{v_1(\theta_2 - \theta_1)}$ எனவே,

$$C = \frac{\dfrac{V}{M_2} - \dfrac{V}{M_1}}{\dfrac{V}{M_1}(\theta_2 - \theta_1)}$$

அல்லது,

$$C = \frac{\dfrac{V(M_1 - M_2)}{M_1 M_2}}{\dfrac{V}{M_1}(\theta_2 - \theta_1)}$$

அல்லது, $$C = \frac{M_1 - M_2}{M_2(\theta_2 - \theta_1)}$$

அல்லது, $C = \dfrac{\text{வெளியேறிய திரவத்தின் பொருண்மை}}{\text{தங்கிய திரவத்தின் பொருண்மை} \times \text{வெப்ப நிலை உயர்வு}}$.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு அடர்த்திக் குப்பியில் 100 கிராம் பாதரசம் 0°Cல் உள்ளது. அதன் வெப்ப நிலை 100° C ஆக உயரும்போது 1.72 கிராம் பாதரசம் வெளியே வழிகிறது. கண்ணாடியின் கன விரிவுக்கெழு 0.000006 / °C ஆனால், பாதரசத்தின் தனி விரிவுக்கெழு என்ன ?

$$\text{பாதரசத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழு} = \frac{\text{வெளியேறிய பாதரசம்}}{\text{தங்கிய பாதரசம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

$$= \frac{1.72}{(100 - 1.72)(100 - 0)}$$

$$= \frac{1.72}{98.28 \times 100}$$

$$= 0.000175 \,/\, ^\circ C$$

பாதரசத்தின் தனி விரிவுக்கெழு = பாதரசத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழு + கண்ணாடியின் கன விரிவுக்கெழு.

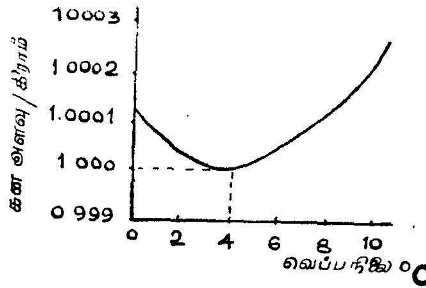
$$= 0{\cdot}000175 + 0{\cdot}000006$$

$$= 0{\cdot}000181 / ^\circ C$$

நீரின் முரணிய விரிவு (Anomalous expansion of water)

எல்லாப் பொருள்களும் வெப்பத்தால் விரிவடையும் என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆனால் நீர்மட்டிலும் இப்பொழுது விதிக்கு முரண்பாடாக நடந்துகொள்கிறது. 0°Cல் உள்ளநீரைச் சூடாக்க இதன் கன அளவு முதலில் குறைந்து பிறகு விரிவடைகிறது. இதுவே நீரின் முரணிய விரிவு எனப்படும். இதன் தன்மையை ஆராய்வதற்குப் படம் 5.8-ல் காட்டிய அதே குடுவையை எடுத்துக்கொள்வோம். குடுவையின் விரிவை ஈடு கட்டுவதற்கு அதன் கன அளவில் $\frac{1}{7}$ பங்கு கன அளவுடைய பாதரசத்தை அதில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்தப் பாதரசத்தின் விரிவு குடுவையின் விரிவுக்குச் சமமாதலான்

குடுவையின் கொள்ளளவு எல்லா வெப்ப நிலைகளிலும் ஒன்றாகவே இருக்கும். இதில் நீரை எடுத்துக்கொண்டு குடுவையை நீர்நிறைந்த ஒரு பாத்திரத்துள் வைத்து அதில் பனிக்கட்டிகளை போட்டுக்கொண்டே இருந்தால் குடுவையில் உள்ள நீரின் வெப்ப நிலை குறைந்துகொண்டே சென்று 0°Cஐ அடையும். ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் குடுவையிலுள்ள நீரின் கனஅளவை நீரின் மட்டத்திலிருந்து கண்டு கொள்ள



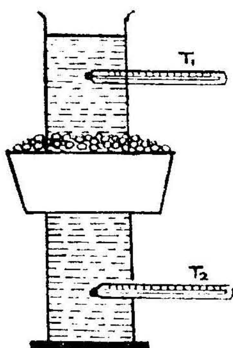
படம் 5.10

லாம். இப்போது வெப்பநிலைக்கும், 1 கிராம் நீரின் கன அளவிற்கும் ஒரு வரைபடம் வரைய அது படம் 5·10-ல் உள்ளவாறிருக்கும். இப்படத்திலிருந்து நீரின் வெப்பநிலை 0°Cலிருந்து அதிகரிக்க 1கிராம் நீரின் கன அளவு குறைந்து கொண்டே சென்று 4°Cல் சிறுமமாகி, மீண்டும் அதிகரிக்கிறது என்பது தெரிகிறது. எனவே, 4°Cல் நீர் பெரும அடர்த்தியைப் பெற்றுள்ளது. இதன் மதிப்பு 1கிராம் / கன செ.மீ.

இதே விளைவினை ஹோப்பின் கருவி (Hope's apparatus) எனும் ஒன்றைக் கொண்டும் செய்து காட்டலாம். இது கிட்டத்தட்ட அரை மீட்டர் உயரமும், 6 செ.மீ. விட்டமும் உடைய கனமான உலோகத்தாலான உருளையாகும். இது நீரால் நிரப்பப் பெற்றிருக்கும். இதன் நடுப்பகுதியில் இதனைச் சூழ்ந்திருக்கும்படி ஒரு தொட்டியிருக்கும். உருளையின் மேல் பகுதியிலும், கீழ்ப்பகுதியிலும் முறையே T_1, T_2 என்ற இரு வெப்பமானிகள் செருகப்பட்டிருக்கும்.

தொடக்கத்தில் இரு வெப்பமானிகளும் ஒரே வெப்பநிலையைக்காட்டும். நடுத்தொட்டியில் உப்பும் பனிக்கட்டியும் கலந்த

உறைக் கலவையை (Freezing mixture) எடுத்துக்கொண்டால் தொட்டிக்கு நேராக உள்ளே உள்ள நீரின் வெப்பநிலை உடனடியாகக் குறைய ஆரம்பிக்கும். இதனால், அதன் அடர்த்தி அதிகமாகும். எனவே, இக்குளிர்ந்த நீர் கீழேவர T_2 காட்டும் வெப்பநிலைக் குறைந்து கொண்டே சென்று 4°Cஐ அடையும். இவ்வளவு நேரமும் T_1 காட்டும் அளவில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் ஏதும் ஏற்பட்டிருக்காது. 4°C வெப்பநிலையை அடைந்தபின் தொட்டிக்கு நேராக உள்ள நீர் மேலும் குளிர அதன் அடர்த்தி குறைய ஆரம்பிக்கும். அதனால் 4°C க்கும் கீழே குளிர்ந்த நீர் மேனோக்கிச் செல்லும். இதனால் T_1 காட்டும் அளவு குறைந்து கொண்டே சென்று 0°C ஐ காட்டும். மேலும் தொடர்ந்து குளிரச் செய்தால் நீர்உறைந்து மேலே பனிக்கட்டியாகி மிதக்க ஆரம்பிக்கும். இந்த நிலையிலும் T_2 ஆனது 4°C ஐயே காட்டும். இதிலிருந்து நீரின் அடர்த்தி 4°C லேயே பெருமமாக இருக்கிறது என்பதனைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.



படம் 5.11

இந்த விளைவினால்தான் கடுங்குளிர் நாடுகளில் குளிர்காலத்தில் நீர் நிலைகள் உறைந்து பனிக்கட்டியாகி விட்டாலும் அப்பனிக்கட்டிப்படலம் மேற்பரப்பில்தான் இருக்கும். அதன் கீழே 4°Cல் நீர் எப்போதும் இருந்து கொண்டே இருக்கும். மேலே வெப்பநிலை 0°C க்குக் கீழே எவ்வளவு சென்றாலும், பனிப்படலத்தின் கனம்தான் அதிகரிக்குமே தவிர, அடியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை 4°Cக்குக் குறையாது. இயற்கையின் இவ்விளைவின் கருணையினாலேயேயன்றோ நீர்வாழ் உயிரினங்கள் கடுங் குளிரிலும் நலங்கெடாமல் வாழ்தல் ஏலுகின்றது!

வாயுக்கள் விரிவடைதல்

திரவங்களைப் போலன்றி வாயுக்களுக்கென ஒரு கன அளவில்லை; அதன் வெப்பநிலையை உயர்த்தினால் அதன் கன அளவோடு அழுக்கமும் மாறுகின்றது. எனவே, அதன் விரிவைப் பற்றி ஆராயுமிடத்து இரண்டையும் சேர்த்துப் பார்க்க வேண்டும். விரிவுக்கெழுக்களை வரையறுப்பதற்கு எளிதாக

அழுக்கத்தை நிலையாக வைத்து வெப்பத்தால் கன அளவு மாறுவதையும். கன அளவை மாறுமல் வைத்து அழுக்கத்தின் மாற்றத்தையும் தனித்தனியே கணக்கிடுவது வழக்கம். இதனால் கனஅளவுக்கெழு (Volume Coeffiicient) அழுக்கக்கெழு (Pressure Coefficient) என விரிவு கெழுக்கள் வாயுக்களுக்கு உள்ளன. கொள்கலனின் விரிவு வாயுவின் விரிவோடு ஒப்பிட மிகமிகச் சிறிதாகையினுல் அதனைப் புறக்கணித்து விடுவது வழக்கம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் அழுக்கம் மாருதிருக்கும்போது அதன் வெப்ப நிலை ஒரு டிகிரி உயர்வதால் அதிகரிக்கும் கன அளவிற்கும் 0°Cல் அதன் கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே அவ்வாயுவின் கன அளவுக்கெழு எனப்படும்.

எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு வாயுவின் கன அளவுகள் அதன் அழுக்கம் மாருதிருக்கும்போது, 0°C, θ_1°C, θ_2°C ஆகிய வெப்ப நிலைகளின் முறையே V_0, V_1, V_2 ஆனல்,

$$\text{கன அளவுக் கெழு } \alpha = \frac{V_2 - V_1}{V_0(\theta_2 - \theta_1)}$$

இப்போது V, V_0 ஆகியவை θ°C, 0°C வெப்ப நிலைகளில் அதன் கன அளவுகள் என்று கொண்டால்,

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0 \theta}$$

அல்லது, $V - V_0 = V_0 \alpha \theta$

அல்லது, $V = V_0 + V_0 \alpha \theta$

அல்லது, $V = V_0(1 + \alpha\theta)$

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் கன அளவு மாருதிருக்கும்போது அதன் வெப்ப நிலை ஒரு டிகிரி உயர்வதால் அதிகரிக்கும் அழுக்கத்திற்கும் 0°Cல் அதன் அழுக்கத்திற்கும் உள்ள விகிதமே அவ்வாயுவின் அழுக்கக்கெழு எனப்படும்.

எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய ஒரு வாயுவின் அழுக்கங்கள் அதன் கன அளவு மாருதிருக்கும்போது 0°C, θ_1°C, θ_2°C களில் முறையே P_0, P_1, P_2 ஆனல்,

அமுக்கக் கெழு $\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_0(\theta_2 - \theta_1)}$ முன்போல்,

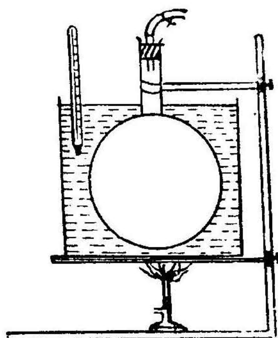
P என்பது θ°Cல் அமுக்கமானால்,

$$P = P_0(1+\beta\theta)$$

சோதனை 5.3

(அ) காற்றின் கன அளவுக் கெழுவைக் காணல்

நன்கு உலர்ந்த, மெல்லிய சுவரினை உடைய, ஒரு பெரிய அடி உருண்ட குடுவையை எடுத்துக்கொண்டு, அதனை நடுவே ஒரு துளையுள்ள ரப்பர் அடைப்பானால் இறுக மூடவேண்டும். இதன் துளைவழியே ஒரு சிறு கண்ணாடிக்குழாயைச் செலுத்தி குழாயின் வெளிப்பக்கத்தில் ஒரு ரப்பர் குழாயைச்செருகி அதில் ஒரு கவ்வியைப் பொருத்தவேண்டும். ரப்பர் அடைப்பான் கண்ணாடிக்குழாய் ஆகியவை காற்றுக் கசிவில்லாமல் மூடப்படவேண்டும். கவ்வியை எடுத்துவிட்டு குடுவையை ஒரு பாத்திரத்தில் நீரில் அதன் கழுத்துப்பகுதிமட்டும் வெளியே நீட்டிகொண்டிருக்கும்படி அமிழ்த்து வைத்துவிட்டு நீரைச் சூடாக்க வேண்டும். இதனால் குடுவையிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து ஒரு



படம் 5.12

பகுதி வெளியேறும். இது திறந்திருப்பதால் குடுவையிலுள்ள காற்று வளி அமுக்கத்திலேயே இருக்கும். நீர் கொதிக்கும்போது அதன் வெப்பநிலை (θ_2) யைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த நிலையிலேயே நீண்ட நேரம் வைத்திருந்தால் குடுவையிலுள்ள காற்று முழுதும் கொதிநீரின் வெப்ப நிலையை (θ_2) எட்டும். இதற்குமேல் காற்று விரிவடையாது. இப்போது கவ்வியை ரப்பர்க்குழாயில் இறுக்கவேண்டும். குடுவையை வெளியில் எடுத்து, நீர் நிறைந்த ஒரு பெரிய தொட்டியில் ரப்பர் குழாயின் திறந்த முனை நீருக்குள் எப்பொழுதும் இருக்கும்படி கவனமாகப் பார்த்துக்கொண்டு கவ்வியை எடுத்துவிட வேண்டும். தண்ணீரில் வைக்கப்பட்டதால் குடுவையிலுள்ள காற்று குளிர்ந்து சுருங்க, வெளி நீர் உள் நுழையும். வெளி நீர் உள்

நுழைவது நின்றுவிட்டால் உள்ளுள்ள காற்று முழுவதும் தண்ணீரின் வெப்ப நிலையை அடைந்துவிட்டது என்பது தெரியும். இந்நிலையில் குடுவையிலுள்ள நீர்மட்டம் வெளி நீர் மட்டம் ஆகியவை ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும்படி வைத்துக் கொண்டு கவ்வியை மீண்டும் பொருத்தி குடுவையை வெளியில் எடுக்கவேண்டும். இரு நீர்மட்டங்களும் ஒன்றுக்கப்பட்டதால் உள்காற்றின் அமுக்கம் இப்போதும் வளி அமுக்கம்தான். தொட்டியிலுள்ள தண்ணீரின் வெப்ப நிலையைக் θ_1 குறித்துக் கொண்டு, குடுவையில் உள்ள நீரின் கன அளவைக் (v) ஒரு அளவுச்சாடியைக் கொண்டு கணக்கிட்ட பின்னர் குடுவை முழு வதையும் நீரால் நிரப்பி அதன் கன அளவையும் (V) கண்டு கொள்ளவேண்டும்.

θ_1°C ல் $(V-v)$ கன அளவுள்ள காற்று θ_2° Cல் குடுவை முழுவதையும் நிறைத்திருந்தால் V கன அளவு உள்ளது. சோதனை முழுவதிலும் காற்றின் அமுக்கம் வளி அமுக்கமாகவே இருந்ததால், α என்பது கன அளவுக்கெழு எனவும், நாம் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளும் காற்றின் கன அளவு 0°Cல் Vo எனவும் கொண்டாம்.

$$V_1 = V-v = Vo\,(1 + \alpha\,\theta_1),$$

$$V_2 = \quad V = Vo\,(1 + \alpha\,\theta_2)$$

எனவே, $$\frac{V}{V-v} = \frac{1 + \alpha\,\theta_2}{1 + \alpha\,\theta_1}$$

அல்லது, $$V + V\alpha\,\theta_1 = V-v + (V-v)\,\alpha\,\theta_2$$

அல்லது, $$(V-v)\,\alpha\,\theta_2 - V\alpha\,\theta_1 = v$$

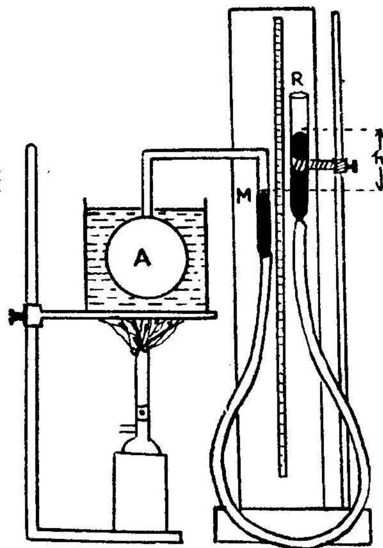
அல்லது, $$\alpha = \frac{v}{(V-v)\,\theta_2 - V\theta_1}$$

குறிப்பு : சோதனையின் பின் பகுதியில் காற்றினை நீருக்கு மேலே எடுத்துக்கொண்டதால் காற்றோடு நீர் ஆவியும் கலந்திருக்கும். எனவே, $(V-v)$ க்கு ஒரு திருத்தம் தேவை.

(ஆ) காற்றின் அமுக்கக் கெழுவினைக் காணல்.

இதற்கு ஜாலியின் குமிழ்க் கருவி எனப்படும் ஒன்றினைப் பயன்படுத்தலாம். இது, ஏறத்தாழ 3அங்குலம் விட்டமுடைய மெல்லிய கண்ணாடிக் குமிழியை (A) உடையது. இது, இரு முறை செங்கோணத்தில் வளைக்கப்பெற்ற குறுகிய கண்ணாடிக்

குழாயின் வழியாகவும், அதிலிருந்து ஒரு கனமான ரப்பர் குழாய் வழியாகவும் இருபுறமும் திறந்த வேறொரு கண்ணாடிக் குழாய் (R) உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது பாதரசத்தேக்க மாகப் பயன்படும். யாவும் ஒரு செங்குத்தான மரத்தாங்கியின் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளன. R குழாயை மேலும் கீழும் உயர்த்தவோ அல்லது நிலையாக இருக்கும்படிச் செய்யவோ முடி-



படம் 5.13

யும். இதில் ஒரு பகுதியும், ரப்பர் குழாய் முழுவதும், குமிழோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக் குழாயில் அதில் குறிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு நிலையான குறி M வரையும் பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். இதனால் குமிழியினுள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுடைய காற்று எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. பாதரச மட்டத்தை எப்பொழுதும் M-ல் இருக்கும்படிப் பார்த்துக் கொள்வதன் வாயிலாக இக்காற்றின் கன அளவை மாருமல் நிலையாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம்.

குமிழினை நீர் நிரம்பிய ஒரு பாத்திரத்தினுள் நன்கு மூழ்கி இருக்கும்படி வைத்து, நீரின் வெப்ப நிலையைக் (θ_1) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு R குழாயைச் சரிசெய்து பாதரச மட்டம் இணைப்புக் குழாயில் Mக்கு நேராக இருக்கும்படிச்

செய்து, R குழாயில் பாதரச மட்டத்தைக் காணவேண்டும். இரு பாதரச மட்டங்களுக்கும் இடையே உள்ள செங்குத்து உயரம் h ஆனுல் குமிழிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் $P_1=H\pm h$ ஆகும். (H என்பது ஃபார்ட்டின் பாரமானி காட்டும் அளவு, அதாவது, வளி அமுக்கம்) R-ல் பாதரச மட்டம் Mஐவிட உயர்ந்து இருந்தால் $P_1=H+h$; கீழே இருந்தால் $P_1=H-h$ ஆகும்.

இப்போது நீரினைச் சூடாக்க குமிழிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து இணைப்பில் பாதரசமட்டம் கீழிறங்கும். R குழாயை அவ்வப்போது சரிசெய்து மட்டம் M-லேயே இருக்கும்படிப் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். நீர் கொதிநிலையை அடையும் போது மீண்டும் பாதரச மட்டங்களைக் கண்டு அவற்றிலிருந்து குமிழிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் P_2ஐக் கணக்கிட வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை (θ_2) ஐயும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

காற்றின் கன அளவு மாருதிருப்பதால் 0°Cல் அமுக்கம் P_0 எனவும், அமுக்கக்கெழு β எனவும் கொள்ள,

$$P_1 = Po\,(1 + \beta\theta_1)$$

$$P_2 = Po\,(1 + \beta\theta_2)$$

எனவே, $$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1 + \beta\theta_1}{1 + \beta\theta_2}$$

அல்லது, $P_1 + P_1\beta\theta_2 = P_2 + P_2\beta\theta_1$

அல்லது, $\beta\,(P_1\theta_2 - P_2\theta_1) = P_2 - P_1$

அல்லது, $$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1\theta_2 - P_2\theta_1}$$

இதிலிருந்து β.ஐக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

நீரைச் சூடாக்கும்போது அதன் வெப்பநிலை வெவ்வேறு அளவுகளில், காட்டாக, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°C களில் இருக்கும்போதும், மீண்டும் நீரைக் குளிரவிடும்போது அதே வெப்ப நிலைகளிலும் காற்றின் அமுக்கத்தைக்கண்டு, இவ்வெப்ப நிலைகளில் சராசரி அமுக்கத்தைக் கணக்கிடலாம். பின்னர். ஏதேனும் இரு வெப்ப நிலைகளை θ_1, θ_2 எனவும், அவற்றிற்கு இயைந்த அமுக்கங்களை P_1, P_2 எனவும் எடுத்துக்கொண்டு இதே வாய்பாட்டை பயன்படுத்தி βன் மதிப்புகளைப் பல முறைகள் கணக்கிட்டு சராசரி மதிப்பை அறியலாம்.

தனி வெப்பநிலை அளவுத்திட்டம் (Absolute Scale of temperature)

எல்லா வாயுக்களுக்கும் கன அளவுக் கெழுவும், அமுக்கக் கெழுவும் சமமாக இருப்பதாகவும், இந்த மதிப்பு $\frac{1}{273}$ எனவும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. மாறா அமுக்க நிலையில், ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் கன அளவைக் குறிக்கும் சமன்பாட்டில் இம்மதிப்பை இட,

$$V = Vo\cdot (1 + \alpha\theta)$$

அல்லது, $V = Vo\left(1 + \frac{1}{273}\theta\right)$

இப்போது $\theta = -273°C$ எனும் வெப்ப நிலையில் வாயுவின் கன அளவு

$$V = Vo\left(1 + \frac{-273}{273}\right)$$

அல்லது, $V = Vo\left(1 - \frac{273}{273}\right) = o.$

எனவே, எந்த ஒரு வாயுவிற்கும் மாறா அமுக்கத்தில் கன அளவு சுழியாக இருக்க வேண்டும். மேலும், $-273°C$க்குக் குறைவான வெப்பநிலையில் வாயுவின் கன அளவு எதிர்க்குறி உடையதாக இருக்கும். ஆனால், எதிர் மறை கன அளவு என்ற ஒன்றினை நாம் எண்ணியும் பார்க்க ஏலுமோ? இஃதே போன்று, மாறா கன அளவில்,

ஒரு வாயுவின் அமுக்கம் $P = Po\,(1 + \beta\theta)$

$$\text{அல்லது,}\quad P = Po\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$$

முன்போல $\theta = -273°\,C$ ஆனால்

$$P = Po\left(1 - \frac{273}{273}\right) = o.$$

எனவே, மாறா கன அளவில் ஒரு வாயுவின் அமுக்கம் $-237°$ C-ல் சுழியாகிறது; இதற்கும் குறைந்த வெப்பநிலையில் அமுக்கம் எதிர்மறையில் இருக்கவேண்டும். இதுவும் கருதற்பாலதன்

றன்றோ! எனவே, கொள்கை அளவில் பார்க்கும்போது $-273°$ C-க்குக் கீழான ஒரு வெப்பநிலை இருக்கமுடியாது. இதனைச் சுழியாகக்கொண்டு புதியதொரு அளவுத்திட்டம் வகுக்கப்பெற்றுள்ளது. இது வாயுவின் தன்மையைக்கொண்டு அமைக்கப்பெற்றதால் இது வாயு அளவுத்திட்டம் (gas scale) எனப்படும். எப்பொருளின் தன்மையையும் சாராத ஒரு அளவுத்திட்டம் வெப்ப இயக்கவியல் (thermodynamics) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதுவும் இதுவும் ஒன்றி இருக்கக் காண்பதால் இத்திட்டமும் தனி அளவுத்திட்டம் (Absolute Scale) எனப்படும். இந்தத் தனி அளவுத் திட்டத்தில் $0°\,A$ என்பது $-273°$ C ஆகும். இதில் ஒவ்வொரு டிகிரியும் ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடுக்குச் சமம். எனவே, $-272°\text{C} = 1°\,A$, $0°\,\text{C}=273°\,A$, $100\,°\text{C} = 373°\,A$. பொதுவாக $\theta°\text{C} = \theta + 273°\,A$.

சார்லஸ் விதி (Charle's law)

எந்த ஒரு வாயுவிற்கும் கன அளவுக்கெழு $\frac{1}{273}$ எனப் பார்த்தோம். எனவே, எந்த ஒரு வாயுவை எடுத்துக்கொண்டாலும், மாறா அழுக்கத்தில் கன அளவு,

$$V = Vo\left(1 + \frac{1}{273}\right)$$

எனவே, 1° C-ல் $$V_1 = Vo\left(1 + \frac{1}{273}\right) = Vo + \frac{Vo}{273}$$

எனவே, 1° C வெப்பநிலை உயர வாயுவின் கன அளவு $0°$C-ல் அதன் கன அளவைப்போல் $\frac{1}{273}$ மடங்கு அதிகரிக்கிறது.

2° C-ல் கன அளவு $$V_2 = Vo\left(1 + \frac{2}{273}\right) = Vo + \frac{2 \cdot Vo}{273}$$

எனவே, 1° C-லிருந்து 2° C-க்கு உயரும்போது கன அளவு $\frac{Vo}{273}$ தான் அதிகரிக்கிறது. இதே போல எந்த நிலையில் வெப்ப நிலை 1°C உயர்ந்தாலும் அதிகரிக்கும் கன அளவு $\frac{Vo}{273}$ தான். இதனையே ஒரு விதியாக சார்லஸ் அளித்தார். அந்தச் சார்லஸ் விதியாவது:

எல்லா வாயுக்களும், அமுக்கம் மாறாதிருக்கும்போது, அவற்றின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி உயர்ந்தால் அவற்றின் கன அளவு $O°$C-ல் உள்ளதைப்போல் $\frac{1}{273}$ மடங்கு அதிகரிக்கும்.

சார்லஸ் விதி வேறு வகையாகவும் கூறப்படும். அதனைக் கீழே பார்ப்போம்.

மாறா அமுக்க நிலையில் $V=Vo\,(1+\alpha\theta)$ எனவும், $\alpha=\frac{1}{273}$ எனவும் பார்த்தோமாதலான்,

$$V=Vo\left(1+\frac{\theta}{273}\right)$$

அல்லது, $$V=Vo\ \frac{273+\theta}{273}$$

ஆனால், $\theta+273°$ C என்பது $T°\ A$ ஆகுமாதலின்,

$$V=\frac{Vo\ T}{273}$$

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவிற்கு மாறா அமுக்கத்தில் Vo-வும் ஒரு மாறிலி (Constant) ஆனதால், $V\propto T$. இந்த முடிவு சார்லஸின் முதல் விதி எனப்படும். அதாவது,

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய வாயுவின் கன அளவு, மாறா அமுக்கத்தில், அதன் தனி வெப்பநிலைக்கு (Absolute temperature) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

முன் போலவே, மாறா கன அளவில் $P=Po\,(1+\beta\theta)$

அல்லது, $P=Po\left(1+\frac{\theta}{273}\right)$ ($\beta=\frac{1}{273}$ ஆனதால்).

அல்லது, $$P=Po\left(\frac{\theta+273}{273}\right) \quad \theta+273°\ C=T°A$$

ஆனதால் $P=\frac{Po\ T}{273}$ முன்போல் Po ஆனது ஒரு மாறிலி ஆனதால் $P\propto T$. இது, சார்லஸின் இரண்டாவது விதி எனப்படும். அதாவது,

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் அமுக்கம், மாறா கன அளவில், அதன் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

வாயுச் சமன்பாடு (Gas equation)

ஒரு வாயுவிற்கு அழுக்கம், கன அளவு, வெப்பநிலை என்ற மூன்றுண்டென்பதனையும் அவற்றுள் ஒன்று மாறினால் மற்றவையும் மாறும் என்பதனையும், வெப்பநிலை மாறாதபோது அழுக்கமும் கன அளவும் எவ்வாறு மாறுகின்றன என்பதனை பாயில் விதி கொடுக்கிறது என்பதனையும், அழுக்கம் மாறாத போது வெப்பநிலைக்கேற்ப கன அளவு மாறுவதையும், கன அளவு மாறாதபோது வெப்பநிலைக்கேற்ப அழுக்கம் மாறுவதையும் சார்லஸின் முதல், இரண்டாவது விதிகள் கொடுக்கின்றன என்பதனையும் கண்டோம். எனவே, இம்மூன்று விதிகளையும் சேர்த்து இம்மூன்று அளவுகளும் சேர்ந்து மாறும் நிலைக்கான ஒரு தொடர்பை வருவிக்கலாம். அதுவே வாயுச் சமன்பாடு எனப்படும்.

பாயில் விதிப்படி,

T மாறாதிருக்கையில். $P \propto \frac{1}{V}$

சார்லஸின் முதல் விதிப்படி,

P மாறாதிருக்கையில், $V \propto T$

சார்லஸின் இரண்டாவது விதிப்படி

V மாறாதிருக்கையில், $P \propto T$.

எனவே, மூன்றும் மாறும்போது,

$$P \times V \times P \propto \frac{1}{V} \times T \times T$$

அல்லது, $P^2 V \propto \frac{T^2}{V}$

அல்லது, $P^2 V^2 \propto T^2$

அல்லது, $PV \propto T$

அல்லது, $PV = RT$. இங்கே R

என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இது வாயு எண் (gas constant) எனப்படும். ஒரு கிராம் வாயுவை எடுத்துக்கொண்டு R-ஐக்

கணக்கிட்டால், அது சாதாரண வாயு எண் என்றும் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயுவை எடுத்துக்கொண்டு கணக்கிட அது பொது வாயு எண் (Universal gas constant) எனவும் பெயர் பெறும்.

ஒரு நிலையில் ஒரு வாயுவின் கன அளவு, அமுக்கம், வெப்ப நிலை ஆகியவை முறையே V_1, P_1, T_1 ஆகவும், வேறொரு நிலையில் இவை V_2, P_2, T_2 ஆகவும் இருந்தால்,

$$P_1 V_1 = RT_1,$$

$$P_2 V_2 = RT_2.$$

எனவே $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ அல்லது, $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

இது ஒரு பயனுள்ளத் தொடர்பாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) இயல்பான வெப்ப, அமுக்க நிலைகளில் காற்றின் அடர்த்தி 1·293 கிராம்/லிட்டர். அதன் அடர்த்தியை 30° C வெப்பநிலை, 75 செ.மீ. அமுக்கத்தில் கண்டுபிடி.

இயல்பான வெப்பநிலை $To = 0°C = 273°A.$

இயல்பான அமுக்கம் $Po = 76$ செ.மீ. பாதரசம்.

இந்த நிலையில் 1 கிராம் காற்றின் கன அளவு $\Big\}$ $Vo = \frac{1000}{1{\cdot}293}$ கன செ.மீ.

30°C வெப்பநிலை 75 செ.மீ. அமுக்கத்தில் காற்றின் அடர்த்தி d கிராம்/லிட்டர் எனக் கொண்டால், இந்நிலையில்

$$T_1 = 30+273 = 303°A$$

$$P_1 = 76 \text{ செ.மீ. பாதரசம்}$$

$$V_1 = \frac{1000}{d} \text{ கன செ.மீ.}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_0} = \frac{Po\ Vo}{To} \text{ என்பதைக் கையாள,}$$

$$75 \times \frac{1000}{d} \times \frac{1}{303} = 76 \times \frac{1000}{1{\cdot}293} \times \frac{1}{273}$$

அல்லது, $$d = \frac{75}{76} \times \frac{273}{303} \times 1{\cdot}293$$

அல்லது, $d = 1{\cdot}15$ கிராம்/லிட்டர்.

(2) ஒரு கண்ணாடிக் குமிழில் ஒரு வளி அழுக்கத்தில் 20°C-ல் காற்று உள்ளது. இக்குமிழ் 2 வளி அழுக்கம் வரைதான் தாங்குமானால் இது எந்த வெப்பநிலையில் உடையும்? (குமிழின் விரிவைப் புறக்கணித்துவிடு).

குமிழின் விரிவைப் புறக்கணித்துவிடுவதால் குமிழினுள் உள்ள காற்றின் கன அளவு மாறவில்லை. எனவே, சார்லஸின் 2-ம் விதியைக் கையாளலாம்.

ஆரம்பநிலையில் $P_1 = 1$ வளி அழுக்கம், $T_1 = 20 + 273 = 293°\ A$; குமிழ் $T_2°A$-ல் வெடிக்குமானால் $P_2 = 2$ வளி அழுக்கம், $T_2 = ?$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ஆனதால்,

$$\frac{1}{293} = \frac{2}{T_2}$$

அல்லது, $T_2 = 2 \times 293 = 586°\ A$

அல்லது, $T_2 = 586 - 273 = 313°\ C$

(3) இயல்பான வெப்பநிலையிலும், அழுக்கத்திலும் நீரகத்தின் அடர்த்தி 0.0899 கிராம்/லிட்டர் ஆனால், அதன் வாயு எண்ணைக் கண்டுபிடி.

இயல்பான வெப்பநிலை $T_0 = 273°\ A$

இயல்பான அழுக்கம் $P_0 = 76$ செ.மீ. பாதரசம்
$= 76 \times 13.6 \times 980$ டைன்/சதுர செ.மீ.

இந்நிலையில் 1 கிராம் நீரகத்தின் கன அளவு $V_0 = \frac{1000}{0.0899}$ கன செ.மீ.

எனவே, $PV = RT$ எனும் வாயுச்சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்த, $$76 \times 13.6 \times 980 \times \frac{1000}{0.0899} = R \times 273$$

அல்லது, $$R = \frac{76 \times 13.6 \times 980 \times 1000}{0.0899 \times 273}$$

$$= 4.126 \times 10^7$$ எர்கு/ கிராம்/ டிகிரி

வெப்ப அளவியல் (Calorimetry)

வெப்பம் ஒருவகை ஆற்றல் எனவும், எனவே அதனை ஆற்றலின் அலகுகளாலேயே அளக்கலாம் எனவும் கண்டோம். ஆனால், இதனைக் காட்டிலும் வெப்பத்தை ஏற்பதால் பொருள்களின் வெப்பநிலை உயர்வதனை ஒட்டி ஒரு புதிய, தனி அலகினை உருவாக்கிக் கொள்வது வசதியானது. மெட்ரிக் முறையில் இவ்வாறு உருவான அலகே கலோரி (Calorie) எனப்படும்.

ஒரு கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு கலோரி எனப்படும்.

பிரிட்டிஷ் முறையில் பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு (British Thermal Unit) என்ற ஒன்று கையாளப்படுகிறது.

ஒரு பவுண்டு நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி ஃபாரன்ஹீட் உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு எனப்படும்.

பவுண்டு $= 453.6$ கிராமும், $1^\circ F, = \frac{5}{9}\,^\circ C$ உம்

ஆனதால், 1 பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு $= 453{\cdot}6 \times \frac{5}{9} = 252$ கலோரி.

வெவ்வேறு குறுக்களவுள்ள இரு அளவு சாடிகளில் ஒரே கன அளவுள்ள நீரை ஊற்றினால் அவற்றில் நீர் மட்டம் வெவ்வேறாக இருக்கும். எனவே, ஒரு சாடியிலுள்ள நீரின் கன அளவு அதன் மட்டத்தை மட்டுமல்லாது சாடியின் குறுக்களவையும் பொறுத்துளது. இஃதேபோன்று, இருவேறு பொருண்மையுடைய இரும்புத் துண்டுகளை ஒரே நேரத்தில் ஒரே அடுப்பில் காய்ச்சினால் சிறிய துண்டின் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கக் காணலாம். எனவே, ஒரு பொருளிலுள்ள வெப்பம் அதன் வெப்ப நிலையோடுகூட பொருண்மையையும் சார்ந்துளது எனத் தெரிகிறது. இப்போது, ஒரே பொருண்மையுடைய

இரும்பு, ஈயத் துண்டுகளை ஒரே நேரத்தில் ஒரே அடுப்பில் காய்ச்ச ஈயத்தின் வெப்ப நிலை விரைந்து உயரக் காணலாம். எனவே, ஒரு பொருளிலுள்ள வெப்பம் அதன் பொருண்மை, வெப்பநிலை, அது ஆக்கப்பட்ட பொருளின் தன்மை ஆகிய வற்றைப் பொறுத்துளது எனத்தெரிகிறது.

எனவே, m கிராம் பொருண்மை உடைய ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை θ°C உயர்த்த Q கலோரி வெப்பம் தேவையானல்

$$Q \propto m$$

$$Q \propto \theta$$

அல்லது, $Q \propto m\,\theta$

அல்லது, $Q = m\,S\,\theta$. இங்கே, s என்பது பொருளின் தன்மையைப்பொறுத்த ஒரு மாறிலியாகும். இதுவே, அப் பொருளின் வெப்ப எண் (Specific heat) எனப்படும்.

$Q = ms\,\theta$ ஆனதால் $m=1, \theta=1$ ஆக எடுத்துக் கொண்டால், $Q=1\times s\times 1$, அல்லது $Q=s$ எனவே,

ஒரு கிராம் பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் (கலோரிகளில்) எண் மதிப்பே அப்பொருளின் வெப்ப எண் எனப்படும்.

இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறும் வரையறுப்பதுண்டு.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலையை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்திற்கும், அதே பொருண்மை உடைய நீரின் வெப்பநிலையை அதே அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அப்பொருளின் வெப்ப எண் எனப்படும்

இந்த வரையறைப்படி, ஒரு பொருளின்,

$$\text{வெப்ப எண்} = \frac{\text{ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய பொருளை ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்}}{\text{அதே பொருண்மை உடைய நீரை அதே அளவு வெப்ப நிலையில் உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்}}$$

$$=\frac{1 \text{ கிராம் பொருளை } 1^\circ C \text{ உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்}}{1 \text{ கிராம் நீரை } 1^\circ C \text{ உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்}}$$

1 கிராம் நீரை 1°C உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் ஒரு கலோரி என வரையறுத்துள்ளதால்,

வெப்ப எண் = 1 கிராம் பொருளை 1°C உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்.

இதுவே முதல் வரையறை அன்றோ!

வெப்ப எண் ஒரு எண்தான். இதற்கென ஒரு தனி அலகு இல்லை. சில நேரங்களில் கலோரி கிராம் என்ற அலகையும் பயன்படுத்துவதுண்டு. நீரின் வெப்ப எண் ஒன்று என்பதும் தெளிவு.

ஒரு பொருளினை எடுத்துக் கொண்டால் முழுப் பொருளையும் அப்படியே ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு வெப்பநிலை உயரச் செய்யத் தேவையான வெப்பம் (கலோரிகளில்) அதன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Thermal capacity) எனப்படும்.

m கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளின் வெப்பஎண் s ஆனால் அதனை ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் $H=ms$. எனவே, அதன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் ms ஆகும்.

m கிராம் பொருண்மையும், s வெப்ப எண்ணும் உடைய பொருளின் வெப்ப நிலையை 1°C உயர்த்த ms கலோரிகள் தேவை. இதே வெப்பத்தை ms கிராம் நீருக்குக் கொடுத்தால் அதன் வெப்பநிலை 1°C உயரும். எனவே, ms கிராம் என்பது அப்பொருளின் சமநீர் எடை (Water equivalent) எனப்படும். எனவே, சமநீர் எடையைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பத்தை எடுத்துக் கொண்டு ஒரு பொருள் அதன் வெப்ப நிலையில் எவ்வளவு உயருமோ அதே அளவு வெப்பத்தை எடுத்துக் கொண்டு அதே அளவில் வெப்பநிலை உயரக் கூடிய நீரின் பொருண்மையே அப்பொருளின் சம நீர் எடை எனப்படும்.

கலோரி மீட்டர்

வெப்ப அளவீடுகளைச் செய்யப் பயன்படுத்தப்பெறும் ஒரு பாத்திரமே கலோரி மீட்டர் எனப்படும். இது உருளை வடிவான ஒரு செப்புப் பாத்திரமாகும். செம்பினாலேயே ஆன ஒரு கலக்கியும் (Stirrer) இதில் உள்ளது. கலோரி மீட்டரின்

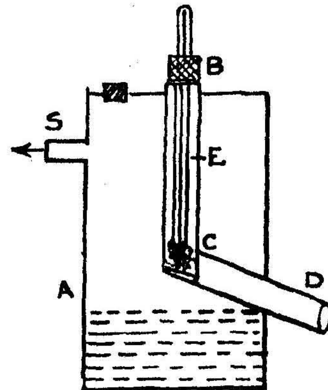
வெளிப்புறம் நன்ருகப் பளபளப்பாக இருக்கும்படிச் செய்யப் பட்டிருக்கும். இதனுல் கதிர் வீசலினுல் இதிலிருந்து வெப்ப இழப்புகள் சிறுமமாக இருக்கும். இது ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பெற்று இடைவெளி கம்பளத்துணி போன்ற ஏதே னும் ஒரு அரிதில் கடத்தியால் நிரப்பப்பெற்றிருக்கும். இதனுல் கடத்தல், நகர்முறைக் கடத்தல் போன்றவற்ருல் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புகள் சிறுமமாக்கப்படுகின்றது.

கலோரி மீட்டருக்குள் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளில் உள்ள பொருள்களைக் கலந்தால் வெப்பப் பங்கீடு ஏற்பட்டு எல்லாப் பொருள்களும், கலோரி மீட்டர் உட்பட, ஒரே வெப்பநிலைக்கு வரும். இப்போது, சூடான பொருள்கள் இழந்த வெப்ப மானது குளிர்ந்த பொருள்கள் பெறும் வெப்பத்திற்குச் சமம்; வெப்பம் வேறு வகைகளில் இழக்கவோ அல்லது பெறவோப் படவில்லை என்ருல் இது சரியாக இருக்கும். இம் முறையில் வெப்பங்களைக் கணக்கிடுவதற்குக் கலவை முறை (Method of mixtures) எனப்பெயர்.

சோதனை 5.4

(அ) ஒரு திடப்பொருளின் வெபப எண்ணைக் காணல்.

நன்ருகப் பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஒரு கலோரி மீட்டரை கலக்கியோடு எடுத்துக் கொண்டு அதன் பொருண்மையைக் (m_1) கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இதில் ஏறத்தாழ பாதி அள விற்குத் தூய நீரை எடுத்துக் கொண்டு மீண்டும் எடையிட வேண்டும். (m_2) நீரின் வெப்ப நிலையையும் (θ_1) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். கொடுக்கப் பட்ட திடப்பொருளை நீராவி யில், நீராவியைத் தொடாமல் வைத்துச் சூடாக்க வேண்டும். இதற்கெனப் பயன்படுத்தும் நீராவியால் சூடாக்கும் அமைப்பு, படம் 5.14-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 5.14

இது ஒரு செப்புப் பாத் திரத்தால் (A) ஆனது. இதில் நீர் எடுத்துக்கொள்ளப்பெற்று கொதிக்க வைக்கப்படும். நீராவி

வெளியே. ஒரு பக்கக் குழாய் (S) உண்டு. இதனுள் BCD எனும் ஒரு செப்புக் குழாய் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதற்குள் வேறொரு செப்புக் குழாய் (E) நழுவி நகரும்படி அமைக்கப்படும் இதன் அடிப்பகுதியானது CDயின் சரிவான அடிப்பகுதியோடு சரியாகப் பொருந்தியிருக்கும்படி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால், இதனுள் திடப்பொருளை எடுத்துக்கொள்ளலாம். E ஐ உயர்த்தினால் திடப்பொருள் CD வழியாக வெளியே கொட்டும். Eஐ ஒரு ரப்பர் அடைப்பானால் மூடி அதன் வழியே ஒரு வெப்பமானியைச் செலுத்தலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட பொருளை E குழாயில் எடுத்துக் கொண்டு பாத்திரத்திலுள்ள நீர் ஆவியாகி இக்குழாயையும், அதனால் அதனுள் உள்ள திடப் பொருளையும் சூடாக்கும் திடப்பொருள் முழுவதும் நீராவியின் வெப்பநிலையை எட்டிவிட்டால் வெப்ப மானி நிலையான ஒரு அளவைக் காட்டும். இதனைக் (θ_2) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இப்போது நீர் எடுத்துக் கொள்ளப் பெற்ற கலோரி மீட்டரை CDக்குக் கீழாகப் பிடித்துக்கொண்டு Eஐ உயர்த்தி சூடானப் பொருள் இதனுள் விழும்படிச் செய்து நன்றாகக்கலக்கி, அதனால் எட்டும் உயரிய வெப்பநிலையைக் (θ_3) குறித்துக்கொண்டு மீண்டும் கலோரி மீட்டரை அதனுள் உள்ள பொருள்களுடன் எடை இட வேண்டும் (m_3).

இந்நிகழ்ச்சியில் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் (θ_1) இருந்த கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவை θ_3 எனும் உயரிய வெப்ப நிலைக்குச் செல்வதால் வெப்ப ஈட்டம் பெறுகிறது. $\theta_2°$ எனும் உயரிய வெப்பநிலையில் இருந்த திடப்பொருள் $\theta_3°$க்குத் தாழ்வதால் வெப்ப இழப்பை அடைகிறது.

இவற்றைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிட்டு திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காணலாம்.

கலோரி மீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m^2$ கிராம்

கலோரி மீட்டர் நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= \theta_1$ °C

சூடான திடப்பொருளின் வெப்பநிலை $= \theta_2$ °C

இறுதியில் கலவையின் பொது வெப்பநிலை $= \theta_3$ °C

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர், திடப்பொருள் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_3$ கிராம்

கலோரி மீட்டரின் வெப்ப எண் (தெரிந்தது) $= s$

கலோரி மீட்டரின் (கலக்கி உள்ளிட) சமநீர் எடை $= m_1 s$ கிராம்

எடுத்துக்கொண்ட நீரின் பொருண்மை $= (m_2 - m_1)$ கிராம்

எனவே, கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் சமநீர் எடை $= (m_1 s + m_2 - m_1)$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_3 - \theta_1)$°C

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் $= (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_3 - \theta_1)$ கலோரி

திடப்பொருளின் பொருண்மை $= (m_3 - m_2)$ கிராம்

திடப்பொருளின் வெப்பநிலைத் தாழ்வு $= (\theta_2 - \theta_3)$°C

திடப்பொருளின் வெப்ப எண் $= S$ ஆனால்,

திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு $= (m_3 - m_2)\, S\, (\theta_2 - \theta_3)$ கலோரி

ஆனால்,

திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு = மற்றவற்றின் வெப்ப ஈட்டம். எனவே, $(m_3 - m_2)\, S\, (\theta_2 - \theta_3) = (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_3 - \theta_1)$

அல்லது,
$$S = \frac{(m_1 s + m_2 - m_1)\ (\theta_3 - \theta_1)}{(m_3 - m_2)\ (\theta_2 - \theta_3)}$$

முன்னெச்சரிக்கைகள்

இச்சோதனையைச் செய்யும்போது பின்கண்ட முன்னெச்சரிக்கைகளைக் கடைப்பிடிக்க வேண்டும்.

(1) கலோரி மீட்டரிலிருந்து எவ்வகையிலும் வெப்ப இழப்போ, ஈட்டமோ இருக்கக்கூடாது. இச்சோதனையில் இழப்பினைத்தான் எதிர்பார்க்கலாம். இதனைத் தவிர்ப்பதற்காக வேண்டி, கலோரி மீட்டர் ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப் பெற்று இடைவெளி கம்பளத்துணி போன்ற ஏதேனும் ஒரு அரிதில் கடத்தியினால் நிரப்பப்படவேண்டும். இதனால் கடத்தல், நகர்முறைக் கடத்தல் ஆகியவற்றால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புப் பெருமளவு குறையும். கலோரி மீட்டரின் வெளிப் புறத்தை நன்றாகப் பளபளப்பாக இருக்கும்படிச்செய்து கதிர் வீசலால் வெப்ப இழப்பைக் குறைக்கலாம். இருந்தாலும் வெப்பஇழப்பு இருக்கும். இதனைப்பின்கண்டவாறு கணக்கிட்டு

விடலாம். திடப்பொருளை கலோரி மீட்டருக்குள் போடும் போது ஒரு நிறுத்தக் கடிகாரத்தை (stop clock) ஓடவிட்டு கலவையின் வெப்பநிலை மிக உயர்ந்த மதிப்பை (θ_3) அடைவதற் கான நேரத்தைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். தொடர்ந்து கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு இதற்குச் சமமான நேரம் கழித்து கலவையின் வெப்ப நிலையைக் (θ_4) காணவேண்டும். இப்போது $\frac{(\theta_3 - \theta_4)}{2}$ ஐ θ_3 உடன் கூட்டிக் கொண்டால் அதுவே குளிர் தலுக்கான திருத்தம் செய்யப்பட்ட வெப்பநிலையாகும்.

(2) திடப்பொருளை ஈரமில்லாமல், சூடாக்க வேண்டும். அதனைச் சூடாக்கிய இடத்திலிருந்து கலோரிமீட்டருக்கு மாற்று வதற்குள் வெப்ப இழப்புகள் ஏதும் இருக்கக்கூடாது. இவற் றிற்காக வேண்டி, நாம் முன்னரே விளக்கியபடி தனியான சூடாக்கும் அமைப்பினைக் கையாள வேண்டும்.

(3) திடப்பொருளைச் சிறு சிறு துண்டுகளாக எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இல்லெனின், பெருந்துண்டு தன் வெப்பம் முழுவதையும் மற்றவற்றுடன் பகிர்ந்து கொண்டு சமநிலை அடைய நேரம் அதிகமாகும். இதனால் குளிர்தலால் ஏற்படும் இழப்புகள் அதிகரிக்க வாய்ப்புண்டு.

(4) கலவையின் வெப்பநிலை உயர்வு அறையின் வெப்ப நிலைக்கு மேல் 5 அல்லது, மிக உயர்ந்த நிலையிலும் 10°Cக்கு மேல் இல்லாதவாறு பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். இல்லா விடில் கலோரி மீட்டரிலுள்ள நீர், ஆவியாதலால் குறையலாம்.

(5) வெப்பநிலை உயர்வு குறைவாகவே இருக்குமானதால் திருத்தமான முடிவுகளைப் பெறுவதற்கு, நுட்பம் வாய்ந்த (0·2°C க்குத் திருத்தமாக அளக்கக்கூடிய) வெப்பமானியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(6) கலவையை நன்றாக ஆனால் மெதுவாகக் கலக்கினால் யாவும் ஒரே சீரான வெப்பநிலையை விரைவில் எய்தும். வேக மாகக் கலக்கினால் அதன் காரணமாகவே வெப்பம் உண்டாக லாம்.

(7) கலோரி மீட்டர் நீராவியால் சூடாக்கி, மற்ற அடுப்புகள் போன்றவற்றிலிருந்து வெப்பக் காப்பிடப்பட வேண்டும்.

(ஆ) ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்.

மேற்கண்ட சோதனையைப் போன்றே திடப்பொருளுக்குப் பதில் திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு சோதனை செய்து திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணலாமெனினும், திரவத்தை நீரோடு சேர்ப்பது உகந்ததல்லவாகலான் கீழ்க்கண்டவாறு சோதனை செய்வது வழக்கம்.

இதற்கு வெப்ப எண்தெரிந்த ஒருதிடப்பொருளை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். முன் சோதனையையே திரும்பச் செய்ய வேண்டும். ஆனால், நீருக்குப்பதில் திரவத்தை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். வெப்ப எண்ணைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, திரவம் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்

திரவத்தின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= \theta_1 °C$

திடப்பொருளின் வெப்பநிலை $= \theta_2 °C$

இறுதியில் கலவையின் வெப்பநிலை $= \theta_3 °C$

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, திரவம், திடப் பொருள் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_3$ கிராம்

கலோரி மீட்டரின் வெப்ப எண் $= s$

திடப்பொருளின் வெப்ப எண் $= S$

திரவத்தின் வெப்ப எண் $= x$ (கண்டு பிடிக்க வேண்டும்)

கலோரி மீட்டர், கலக்கியின் சமநீர் எடை $= m_1 s$ கிராம்

திரவத்தின் பொருண்மை $= (m_2 - m_1)$ கிராம்

திரவத்தின் சமநீர் நீடை $= (m_2 - m_1)x$ கிராம்

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, திரவம் ஆகியவற்றின் சமநீர் எடை $= [m_1 s + (m_2 - m_1)x]$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_3 - \theta_1)°C$

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் $= [m_1 s + (m_2 - m_1)x]$
$(\theta_3 - \theta_1)$ கலோரி

திடப்பொருளின் பொருண்மை $= m_3 - m_2$ கிராம்

இதன் வெப்பநிலைத் தாழ்வு $= (\theta_2 - \theta_3)°C$

இதன் வெப்ப இழப்பு $= (m_3 - m_2) S (\theta_2 - \theta_3)$
கலோரி

ஆனல்,

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, திரவம் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் = திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு

எனவே, $[m_1 s + (m_2 - m_1)x]\ (\theta_3 - \theta_1) = (m_3 - m_2)\ S\ (\theta_2 - \theta_3)$

அல்லது,
$$x = \left[\frac{(m_3 - m_2)\ S\ (\theta_2 - \theta_3)}{(\theta_3 - \theta_1)} - m_1 s\right]\frac{1}{(m_2 - m_1)}$$

முன் சோதனையில் கடைப்பிடிக்கவேண்டிய எச்சரிக்கைகள் இங்கும் தேவை.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு கலோரிமீட்டரில் 30° Cல் 100 கிராம் நீர் உள்ளது. 45° C வெப்பநிலையிலுள்ள 55 கிராம் நீரை இதனுடன் கலக்க, கலவையின் வெப்பநிலை 35° ஆகிறது. கலோரி மீட்டரின் சமநீர் எடை என்ன? கலோரி மீட்டரின் பொருண்மை 100 கிராம் ஆனல் அதன் வெப்ப எண் என்ன?

கலோரி மீட்டரின் சமநீர் எடை w கிராம் எனக் கொள்வோம்.

நீரின் பொருண்மை $= 100$ கிராம்

நீர், கலோரி மீட்டர் இரண்டின் சமநீர் எடை $= 100 + w$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= (35 - 30) = 5°C$

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் $= (100 + w)\ 5$ கலோரி

வெந்நீரின் பொருண்மை = 55 கிராம்

வெந்நீரின் வெப்பநிலைத்தாழ்வு = $45 - 35 = 10°C$

வெந்நீர் இழந்த வெப்பம் = 55×10 கலோரி

ஆனால், நீரும் கலோரி மீட்டரும் ஈட்டிய வெப்பம் = வெந்நீர் இழந்த வெப்பம்

எனவே, $(100 + w) 5 = 550$

அல்லது, $w = \frac{550}{5} - 100 = 10$ கிராம்

கலோரி மீட்டரின் வெப்ப எண் $= \frac{\text{சமநீர் எடை}}{\text{பொருண்மை}}$

$= \frac{10}{100} = 0.1$

(2) 12 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் 14°C வெப்பநிலையில் 240 கிராம் திரவம் ஒன்று உள்ளது. 72 கிராம் பொருண்மையும் 0.09 s வெப்ப எண்ணும் உடைய ஒரு செப்புத்துண்டு 105°C வெப்பநிலைக்கு உயர்த்தப்பட்டு கலோரி மீட்டருள் போடப்படுகிறது. திரவத்தின் வெப்பநிலை இறுதியில் 18.2°C ஆக உயர்ந்தால் திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு.

கலோரிமீட்டரின் சமநீர் எடை = 12 கிராம்

திரவத்தின் பொருண்மை = 240 கிராம்

திரவத்தின் வெப்பஎண் S என எடுத்துக்கொண்டால்,

திரவத்தின் சமநீர் எடை = 240 s. கிராம்

கலோரிமீட்டர், திரவத்தின் சமநீர் எடை = $(12 + 240 s.)$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு = $18.2 - 14 = 4.2°C$.

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் = $(12 + 240 s) 4.2$ கலோரி

செப்புத்துண்டின் வெப்பநிலைத் தாழ்வு = $105 - 18.2 = 86 8°C$

செப்புத்துண்டின் வெப்ப இழப்பு = $72 \times 0.09 \times 86.8$ கலோரி

ஆனால், கலோரிமீட்டர், திரவத்தின் வெப்ப ஈட்டம் = செப்புத்துண்டின் வெப்ப இழப்பு

எனவே, $(12 + 240s)\,4.2 = 72 \times 0.09 \times 86.8$

அல்லது, $12 + 240s = \dfrac{72 \times 0.09 \times 86.8}{4.2}$

அல்லது, $12 + 240s = 133.9$

அல்லது, $240s = 133.9 - 12 = 121.9$

அல்லது, $s = \dfrac{121.9}{240} = 0.5078$

நிலை மாற்றம் (Change of State)

உருகுதல்

ஒரு திடப்பொருளை சூடாக்கினால் அதன் வெப்பநிலை உயர்கிறது. மேலும் மேலும் தொடர்ந்து வெப்பத்தை கொடுத்துக் கொண்டே இருந்தோமானால் வெப்ப நிலை உயர்ந்துகொண்டே சென்று ஒரு நிலையில் பொருள் உருக ஆரம்பிக்கும். பொருள் முழுதும் உருகி திரவமாகும்வரை அதன் வெப்ப நிலை மாறாது. இந்த வெப்ப நிலை அத்திடப் பொருளின் உருகு நிலை (melting Point) எனப்படும். உருகுநிலையில் நாம் தொடர்ந்து வெப்பத்தை அளித்தாலும் பொருள் முழுதும் திரவமாகும்வரை அதன் வெப்பநிலை உயரவில்லை என்றால் நாம் அளிக்கும் வெப்பம் என்ன ஆகிறது? எவ்வாறு மறைந்து விடுகிறது? அது அத்திரவத்தின் உள் பொதிந்துள்ளது. எனவே, இந்த வெப்பம் மறை வெப்பம் அல்லது உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat) எனப்படும்.

ஒரு கிராம் திடப்பொருள் அதன் இயல்பான உருகுநிலையில் வெப்பநிலை உயர்வில்லாமல் திரவமாக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அத்திடப்பொருளின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of fusion) எனப்படும்.

எனவே, ஒரு திடப்பொருளின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் L கலோரி/கிராம் ஆனால், m கிராம் பொருளை அதன் உருகுநிலையில் திரவமாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பம்,

$$Q = m\,L \text{ கலோரி.}$$

ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி 0°C வெப்பநிலையில், வெப்பநிலை உயர்வில்லாமல் நீராக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of fusion of ice) அல்லது நீரின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of water) எனப்படும்.

இதன் மதிப்பை இயல்பான வளி அழுக்கத்தில் 80 கிராம்/கலோரி என நாம் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இப்போது, ஒரு திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதனைக் குளிரச்செய்தால் அது திடப்பொருளாக மாறும் என்பது தெளிவு. அவ்வாறு திடப்பொருளாக மாறும் வெப்பநிலை உறைநிலை (Freezing Point) எனப்படும். இதுவும் திடப்பொருளின் உருகுநிலையும் ஒன்றே. மேலும், 1 கிராம் திரவத்தை அதன் உறைநிலையில் திடப்பொருளாக மாற்றும்போது, அதன் உள்ளுறை வெப்பத்தை வெளிவிடும் என்பதும் தெளிவு.

சோதனை 5·5

பனிக்கட்டி உருகுதலின், உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

கம்பி வலையோடு கூடிய கலக்கியினை உடைய, நன்கு பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஒரு கலோரிமீட்டரின் பொருண்மையைக் காணவேண்டும் (m_1). இதில் ஏறத்தாழ பாதி அளவு நீர் எடுத்துக்கொண்டு மீண்டும் பொருண்மையைக் (m_2) காண வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை (θ_1) ஐ நுட்பம் வாய்ந்த ஒரு வெப்பமானியால் அளந்து கொள்ள வேண்டும். பனிக்கட்டிகளைச் சிறு சிறு துண்டுகளாக எடுத்துக்கொண்டு மை ஒற்றும் தாளின் மடிப்புக்குள் வைத்து அதன் மீதுள்ள ஈரம் போகும்படிச்செய்து, கலோரி மீட்டரில் போட்டுக் கலக்க, நீரின்வெப்பநிலை குறையும். இது θ_1 லிருந்து 5அல்லது 6° கீழே சென்றவுடன் பனிக்கட்டித் துண்டுகளைப் போடுவதை நிறுத்திவிட்டு நன்றாக ஆனால், மெதுவாகக் கலக்கி வெப்பமானி காட்டும் மிகத் தாழ்ந்த வெப்ப நிலையைக் (θ_2) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இப்போது, மீண்டும் கலோரி மீட்டரை அதனுள் உள்ள பொருள்களோடு எடையிட வேண்டும் (m_3),

இந்நிகழ்ச்சியில் கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவை வெப்பத்தை பனிக்கட்டி உருகுவதற்கும் உருகிய பனிக்கட்டி 0°C லிருந்து θ_2°Cக்கு உயர்வதற்கும் தேவையான வெப்பத்தை

வழங்குகின்றன. இவற்றைக் கணக்கிட்டு பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணலாம்.

பனிக்கட்டியின் உருகுநிலை 0°C எனவும், அதன் உள்ளுறை வெப்பம் L கலோரி/கிராம் எனவும், கலோரி மீட்டரின் வெப்ப எண் s எனவும் கொள்வோம்.

கலோரி மீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்

கலோரி மீட்டரிலுள்ள நீரின் ஆரம்ப வெப்ப நிலை $= \theta_1$°C

உருகிய பனியோடு கூடிய நீரின் இறுதி வெப்ப நிலை $= \theta_2$°C

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர், உருகிய பனிக்கட்டி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_3$ கிராம்

கலோரி மீட்டர், கலக்கியின் சமநீர் எடை $= m_1 s$ கிராம்

எடுத்துக்கொண்ட நீரின் பொருண்மை $= (m_2 - m_1)$ கிராம்

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர்ஆகியவற்றின் சமநீர் எடை $= (m_1 s + m_2 - m_1)$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலைத் தாழ்வு $= (\theta_1 - \theta_2)$°C

இவற்றின் வெப்ப இழப்பு $= (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_1 - \theta_2)$ கலோரி

பனிக்கட்டியின் பொருண்மை $= (m_3 - m_2)$ கிராம்

இது உருகுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் வெப்பம் $= (m_3 - m_2) L$ கலோரி

உருகிய பனிக்கட்டி வெப்ப நிலை 0°C லிருந்து θ_2°C–க்கு உயர எடுத்துக்கொள்ளும் வெப்பம் $= (m_3 - m_2)\, \theta_2$ கலோரி

பனிக்கட்டியின் மொத்த வெப்ப ஈட்டம் $= (m_3 - m_2) L + (m_3 - m_2)\, \theta_2$ கலோரி

$= (m_3 - m_2)(L + \theta_2)$ கலோரி

ஆனால், பனிக்கட்டியின் வெப்ப ஈட்டம் = மற்றவற்றின் வெப்ப இழப்பு.

எனவே, $(m_3-m_2)(L+\theta_2) = (m_1s+m_2-m_1)(\theta_1-\theta_2)$

அல்லது, $L = \frac{(m_1s+m_2-m_1)(\theta_1-\theta_2)}{(m_3-m_2)} - \theta_2$

கலோரி/கிராம்

முன்னெச்சரிக்கைகள்

(1) கலோரி மீட்டர் வெளியிலிருந்து வெப்பத்தை கடத்தல், நகர்முறைக் கடத்தல் ஆகியவற்றால் எடுத்துக் கொள்ளாதிருப்பதற்காக வேண்டி இது ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டு, இடைவெளி கம்பளத்துணி போன்ற அரிதில் கடத்தி ஒன்றினால் நிரப்பப்படவேண்டும்; கதிர் வீசலால் வெப்பத்தை ஈட்டாமல் இருப்பதற்குக் கலோரி மீட்டர் நன்கு பளபளப்பாக்கப்பட வேண்டும். அப்படியும் ஏதேனும் ஈட்டுமானால் அதற்கு ஒரு திருத்தம் செய்ய வேண்டும். இதற்காக, பனிக்கட்டியினை நீரில் போட ஆரம்பிக்கும்போது ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு நீரின் வெப்ப நிலை θ_2°Cக்கு உயர்வதற்கான நேரத்தைக் கண்டுகொண்டு, கடிகாரத்தைத் தொடர்ந்து ஓட விட்டு அதே அளவு நேரத்தில் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயர்கிறது எனக் காண வேண்டும். இந்த வெப்ப நிலை உயர்வில் பாதியை θ_2 வில் கழிக்க வேண்டும். இதுவே திருத்திய வெப்பநிலை.

(2) பனிக்கட்டியைக் கலோரி மீட்டருக்குள் போடுமுன் அதன்மீது ஈரமில்லாமல் நீக்க வேண்டும். இல்லெனின் வெளி வெப்பத்தால் உருகிய பனிக்கட்டியின் நீர்த்துளிகளும் கலவையில் சேரும்.

(3) பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்குமாதலான் வெளியிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம். இதைத் தவிர்ப்பதற்கு பனிக்கட்டிகள் நீருக்குள் எப்போதும் மூழ்கி இருக்கச் செய்ய வேண்டும். இதற்கென கம்பிவலைப் பொருத்திய கலக்கியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(4) பனிக்கட்டியைச் சிறுசிறு துண்டுகளாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இல்லெனின் அவை உருக அதிக நேரம் எடுத்துக் கொள்ளுமாகலான் கதிர் வீசலுக்கான திருத்தம் அதிகரிக்க ஏதுவாகும்.

(5) நீரின் இறுதி வெப்பநிலை பனி நிலையை (dew Point) எட்டாமல் பார்த்து கொள்ள வேண்டும். இல்லெனின். கலோரி மீட்டரின்மீது வெளிக்காற்றின் நீர் ஆவி சிறுசிறு நீர்த்துளி களாகப் படியும்.

(6) வெப்பநிலைத் தாழ்வைக் குறைவாக இருக்கும்படிப் பார்த்துக் கொள்வதால் சிறந்த முடிவுகளைப்பெற நுட்பம் வாய்ந்த (0·2°C க்குத்திருத்தமாக அளக்கக்கூடிய) வெப்பமானி யைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

கொதித்தல்

ஒரு திரவத்தைச் சூடாக்க அதன் வெப்பநிலை உயருகிறது மேலும் மேலும் வெப்பத்தைக் கொடுத்துக் கொண்டே சென்றால் வெப்ப நிலை உயர்ந்து கொண்டே போய் ஓரிடத்தில் நின்றுவிடும். இந்நிலையில். திரவம் கொதிக்கும், ஆவியாகும். நாம் கொடுக்கும் வெப்பத்தால் வெப்பநிலை உயருவதில்லை. திரவம் முழுவதும் ஆவியாகும் வரை இந்த வெப்பநிலை மாறுவதில்லை. இது கொதிநிலை (Boiling point) எனப்படும். திரவத்திற்கு நாம் கொடுக்கும் வெப்பம் வெப்பநிலை உயர்வாகத் தோன்றாமையான், ஆவியில் பொதிந்திருத்தலான் இது மறை வெப்பம் அல்லது உள்ளுறை வெப்பம் எனப்படும்.

ஒரு கிராம் திரவம் அதன் இயல்பான கொதிநிலையில், வெப்ப நிலை உயர்வில்லாமல் ஆவியாக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம், அத்திரவம் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (latent heat of vapourisation) எனப்படும்.

எனவே, ஒரு திரவம் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் L கலோரி/கிராம் ஆனால், m கிராம் திரவம் முழுவதும் அதன் கொதிநிலையில் ஆவியாவதற்குத் தேவையான வெப்பம்,

$$Q = mL \text{ கலோரி.}$$

ஒரு கிராம் நீர் அதன் இயல்பான கொதிநிலையில், வெப்பநிலை உயர்வில்லாமல் ஆவியாக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அல்லது நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் (latent heat of steam) எனப்படும்.

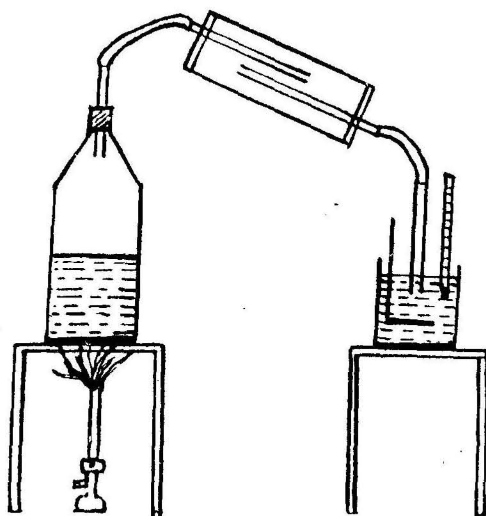
இதன் மதிப்பை இயல்பான வளி அழுக்கத்தில் 536 கலோரி/கிராம் என எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

ஒரு கிராம் ஆவி திரவமாக மாறும்போது அதன் உள்ளுறை வெப்பத்தை வெளிவிடும் என்பது தெளிவு

சோதனை 5·6

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

நன்கு பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஒரு கலோரி மீட்டரை அதன் கலக்கியோடு எடையிட வேண்டும் (m_1). அதில் பாதி



படம் 5.15

யளவு நீர் எடுத்துக் கொண்டு மீண்டும் எடை காணவேண்டும். (m_2). நீரின் வெப்ப நிலையை (θ_1) நுட்பம் வாய்ந்த ஒரு வெப்ப மானியால் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

இப்போது நீராவியை வேறொரு பாத்திரத்தில் தோற்றுவித்து அதில் நீர்த்துளிகள் ஒட்டிக் கொண்டில்லாமல் நீக்கி, உலர்ந்த நீராவியை கலோரி மீட்டருக்குள் செலுத்தி, நீரை நன்கு ஆனால் மெதுவாகக் கலக்கி நீரின் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 3°C உயர்ந்ததும் நீராவியை நிறுத்திவிட்டு, தொடர்ந்து கலக்கி இப்போதுள்ள வெப்ப நிலையைக் (θ_3) குறித்துக் கொள்ள

வேண்டும். இப்போது, நீராவியின் வெப்பநிலையையும் (θ_2) குறித்துக்கொண்டு கலோரி மீட்டரை அதனுள் உள்ள பொருள்களுடன் மீண்டும் எடையிட வேண்டும் (m_3).

இந்நிகழ்ச்சியில் கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவை வெப்பத்தை ஈட்டுகின்றன. நீராவி அதன் கொதி நிலையில் (θ_2°C) நீராக மாறும்போதும், θ_2°C லிருந்து θ_3°C க்குக் குறையும்போதும் வெப்பத்தை இழக்கிறது. இந்த வெப்ப ஈட்டத்தையும், இழப்பையும் கணக்கிட்டு நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணலாம்.

கலோரி மீட்டரின் வெப்ப எண் s எனவும், நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் L எனவும் கொள்வோம்.

கலோரி மீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்.

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்.

நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= \theta_1$°C

நீராவியின் வெப்பநிலை $= \theta_2$°C

நீரின், இறுதி வெப்பநிலை $= \theta_3$°C

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர், சுருங்கிய நீராவி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_3$ கிராம்.

கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் சமநீர் எடை $= m_1 s$ கிராம்.

எடுத்துக்கொண்ட நீரின் பொருண்மை $= (m_2 - m_1)$ கிராம்.

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் சமநீர் எடை $= (m_1 s + m_2 - m_1)$ கிராம்.

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_3 - \theta_1)$°C.

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் $= (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_3 - \theta_1)$

நீராவியின் பொருண்மை $= (m_3 - m_2)$ கிராம்

நீராவி நீராகச் சுருங்கும்போது இழக்கும் வெப்பம் $= (m_3 - m_2) L$ கலோரி

சுருங்கிய நீர் θ_2°C-லிருந்து θ_3°C-க்குத் தாழும்போது இழக்கும் வெப்பம் $= (m_3 - m_2)(\theta_2 - \theta_3)$ கலோரி

நீராவி இழந்த மொத்த வெப்பம் $= (m_3 - m_2) L + (m_3 - m_2)(\theta_2 - \theta_3)$

$= (m_3 - m_2)(L + \theta_2 - \theta_3)$

ஆனால், நீராவி இழந்த வெப்பம் = கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஈட்டிய வெப்பம்

எனவே, $(m_3 - m_2)(L + \theta_2 - \theta_3) = (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_3 - \theta_1)$

அல்லது,
$$L = \frac{(m_1 s + m_2 - m_1 (\theta_3 - \theta_1)}{(m_3 - m_2)} - (\theta_2 - \theta_3)$$
கலோரி/கிராம்

முன்னெச்சரிக்கைகள்

(1) கலேரிமீட்டரிலிருந்து கடத்தல், நகர்முறைக் கடத்தல் ஆகியவற்றால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பைத் தவிர்க்க, கலோரி மீட்டர் ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டு இடைவெளி கம்பளத்துணி போன்ற ஏதேனும் ஒரு அரிதில் கடத்தியால் நிரப்பப்பட வேண்டும். கதிர் வீசலால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பைக்குறைக்க கலோரிமீட்டரின் வெளிப்புறம் பளபளப்பாக்கப் படும். இருப்பினும் ஏதேனும் வெப்பம் இழக்குமானால் அதற் கென ஒரு திருத்தம் செய்யவேண்டும். இதற்கென, நீராவியை நீருள்செலுத்த ஆரம்பிக்கும்போது ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு வெப்பநிலை θ_3°Cக்கு உயர்வதற்கான நேரத்தைக் கணித்தபின் கடிகாரத்தைத் தொடர்ந்து அதே அளவு நேரம் ஓடவிட்டு வெப்பநிலைத் தாழ்வைக் கண்டு, அதில் பாதியை θ_3 உடன் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும்.

(2) நீராவியில் நீர்த்துளிகள் ஒட்டியிருந்தால் பிழை ஏற் படும். எனவே, ஒரு நீராவிக்கண்ணியைப் (Steam trap) பயன் படுத்தி உலர்ந்த நீராவியே நீருக்குள் செல்லும்படிச் செய்ய வேண்டும். கண்ணியிலிருந்து நீராவி வரும் குழாயின் நீளம் குட்டையாக இருக்கவேண்டும். இல்லெனின், இதிலும் நீராவிச் சுருங்க வழியுண்டு.

(3) நீரின் இறுதி வெப்பநிலை அறையின் வெப்பநிலையிலி ருந்து 10°-க்குமேல் செல்லக்கூடாது. இல்லெனின், நீர் ஆவி யாதலால் பிழை ஏற்படும்.

(4) வெப்பநிலை உயர்வு குறைவாக இருக்கும்படி பார்த்துக் கொள்வதால், நுட்பம் வாய்ந்த வெப்பமானியைக் கையாள வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) $-8^\circ C$ வெப்பநிலையில் உள்ள 10 கிராம் பனிக்கட்டியை $100^\circ C$-ல் நீராவியாக மாற்ற எவ்வளவு வெப்பம் தேவை? பனிக் கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம்=80/கலோரி/கிராம், நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்=536 கலோரி/கிராம். பனிக்கட்டியின் வெப்ப எண் =0·5

$-8^\circ C$-லிருந்து $0^\circ C$-க்கு பனிக் கட்டியை உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் $= ms\theta = 10 \times 0{\cdot}5 \times 8$
$= 40$ கலோரி

$0^\circ C$-லிலுள்ள பனிக்கட்டி அதே வெப்ப நிலையில் நீராகத் தேவையான வெப்பம் $= mL = 10 \times 80$
$= 800$ கலோரி.

$0^\circ C$லிலுள்ள நீர் $100^\circ C$-க்கு உயர தேவையான வெப்பம் $= ms\theta = 10 \times 1 \times 100$
$= 1000$ கலோரி.

$100^\circ C$-ல் நீர் ஆவியாதற்குத் தேவையான வெப்பம் $= mL = 10 \times 536$
$= 5360$ கலோரி.

எனவே, $-8^\circ C$-லுள்ள பனிக் கட்டியை $100^\circ C$-ல் நீராவியாக்கத் தேவையான மொத்த வெப்பம் $= 40 + 800 + 1000 + 5360$
$= 7200$ கலோரி.

(2) 10 கிராம் பொருண்மை உடைய ஒரு உலோகத் துண்டு ஓர் உயர்ந்த வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்டு ஒரு பெரிய பனிக்கட்டியினுள் போடப்படுகிறது. இதனால் 16·5 கிராம் பனிக்கட்டி உருகினால் உலோகத் துண்டின் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் கணக்கிடு. உலோகத்தின் வெப்ப எண் =0·12.

உலோகத் துண்டின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $\theta^\circ C$ எனக் கொள்வோம். பெரிய பனிக்கட்டியை எடுத்துக் கொள்வதால், உலோகத் துண்டைப் போடுவதால் உருகும் நீரும், உலோகத் துண்டும் இறுதியில் பனிக்கட்டியின் உருகுநிலையிலேயே ($0^\circ C$) இருக்கும் எனக் கொள்ளலாம்.

உலோகத் துண்டு θ°C-லிருந்து 0°C-க்கு வரும்போது இழக்கும் வெப்பம் $= ms\theta$

$= 10 \times 0{\cdot}12 \times \theta$

$= 1{\cdot}2\theta$ கலோரி.

16·5 கிராம் பனிக்கட்டி உருகுவதால் ஈட்டும் வெப்பம் $= mL$

$= 16{\cdot}5 \times 80$ கலோரி.

வெப்ப இழப்பு = வெப்ப ஈட்டம்,

ஆனதால்,

$$1{\cdot}2\,\theta = 16{\cdot}5 \times 80$$

அல்லது, $\theta = \dfrac{16{\cdot}5 \times 80}{1{\cdot}2}$

அல்லது, $\theta = 1100$°C

(2) 20 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் 0·5 வெப்ப எண் உடைய 159 கிராம் எண்ணெய் 21°C-ல் உள்ளது. இதில் 100°C-ல் உள்ள நீராவியைப் பாய்ச்ச எண்ணெயின் வெப்பநிலை 60°C ஆகிறது. பாய்ச்சிய நீராவியின் பொருண்மை என்ன? (நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் =540 கலோரி/கிராம்) m கிராம் நீராவியைப் பாய்ச்சியதாகக் கொள்வோம்.

நீராவி 100°C-ல் நீராக மாறும்போது இழந்த வெப்பம் $= mL = m \times 540$

$= 540m$ கலோரி.

100°C-ல் உள்ள சுருங்கிய நீராவி 60°C-க்குத் தாழும்போது இழந்த வெப்பம் $= ms\theta = m \times 1 \times (100-60)$

$= 40m$ கலோரி.

நீராவியின் மொத்த வெப்ப இழப்பு $= 540m + 40m$

$= 580m$ கலோரி.

கலோரி மீட்டரின் சமநீர் எடை = 20 கிராம்

எண்ணெயின் சமநீர் எடை $= 159 \times 0{\cdot}5 = 79{\cdot}5$ கிராம்

இரண்டினது மொத்த சமநீர் எடை $= 20 + 79{\cdot}5 = 99{\cdot}5$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= 60 - 21 = 39$°C.

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் $= 99{\cdot}5 \times 39$ கலோரி.

ஆனால், நீராவியின் வெப்ப இழப்பு = கலோரிமீட்டர்,
எண்ணெயின் வெப்ப ஈட்டம்

எனவே, $580m = 99{\cdot}5 \times 39$

அல்லது, $m = \frac{99{\cdot}5 \times 39}{580}$

அல்லது, $m = 6{\cdot}691$ கிராம்

ஆவியாதல் (Evaporation)

ஒரு திரவத்தைக் கொதிக்கவைத்தால் அது ஆவியாகிறது. இவ்வாறு ஏற்படும் நிலைமாற்றம் கொதித்தல் (Boiling) எனப்படும். இதுவல்லாது திரவம் வாயுவாவதற்கு வேறொரு முறையும் உண்டு. தரையில் சிந்திய நீர் சிறிது நேரத்தில் ஆவியாகி மறையக் காண்கிறோம்; கோடையில் நீர்நிலைகளில் மட்டம் குறைந்து கொண்டே செல்கிறது. ஆனால், இங்கெலாம் வெப்பநிலை நீரின் கொதிநிலையில் இல்லை என்பது தெரியும். இவ்வாறாக, கொதிநிலைக்குக் கீழான வெப்ப நிலையிலேயே ஏற்படும் மெதுவான, அமைதியான நிலைமாற்றமே ஆவியாதல் (evaporation) எனப்படும். இவ்வாறு திரவம் ஆவியாவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தை திரவத்தினுள்ளிருந்தே எடுத்துக் கொள்வதால் திரவம் குளிர்ச்சியடையும். இதனால்தான் கோடை காலத்தில் மண் பானையில் வைக்கும் நீர் குளிர்ந்திருக்கிறது; கையில் ஒரு சொட்டு ஈதர் (Ether) திரவத்தைவிட அது ஆவியாகும்போது கை சில்லிட்டுப் போவதும் இதனால்தான். தரையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நீர் அதிகமான பரப்பின்மீது சிந்தினால் விரைவில் ஆவியாதலையும், அறையின் வெப்பநிலை உயர்வாக இருந்தாலும் ஆவியாகும் வேகம் அதிகமாவதையும் காணலாம். ஆவியாதல் நிகழ்ச்சி திரவத்தின் மேற்பரப்பிலேயே ஏற்படும் என்பது தெளிவு. இந்நிகழ்ச்சியின்போது எந்த மாற்றமும் ஏற்படுவதாக நமக்குத் தோன்றுவதில்லை. அதாவது, கொதித்தலின்போது நீர் குமிழியிடுதல் போன்று. எனவே, இது கொதித்தலிலிருந்து வேறுபட்டது. கொதித்தல் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில்தான் ஏற்படும்; ஆவியாதல் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் நிகழும். கொதித்தல் திரவத்தின் கன அளவையும், ஆவியாதல் மேற்பரப்பையும் பொறுத்தவை.

ஆவியாதலைப் பற்றி ஒரு சிறு சோதனையைச் செய்து பார்க்கலாம். ஒரு பாதரச பாரமானியை அமைத்து அதில் பாதரச மட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்வோம். அதற்குமேல் வெற்றிடம் உள்ளது. இப்போது ஒரு வளைந்த பிப்பெட்டின் (Pipette)

துணையால் ஒரு சொட்டு சாராயத்தை பாரமானிக் குழாயினுள் அனுப்பினால், அது பாதரசத்தின் ஊடு குமிழிட்டு மேலே வெற்றிடத்துக்குச் செல்லும். அங்கு சென்ற உடனே அது மறைந்து, ஆவியாகிவிடும். இந்த ஆவிக்கு அமுக்கம் உள்ளதால் இப்போது பாதரசமட்டம் தாழும். இத்தாழ்ச்சி அதன் ஆவி அமுக்கம் (Vapour pressure) ஆகும். இப்போது மேலும் மேலும் சாராயச் சொட்டுகளை அனுப்பிக்கொண்டே இருந்தால் அவை ஆவியாகி, அமுக்கம் அதிகரித்து பாதரச மட்டம் தாழ்ந்து கொண்டே செல்லும். ஒரு நிலையில் பாதரசமட்டம் கீழ் செல்லாது நிலையாக நின்று விடும். இதற்குமேல் திரவம் ஆவியாகாது பாதரச மட்டத்தின்மேல் தங்கும். இப்போது ஆவி நிறை நிலையை (Saturation) எய்தி விட்டதாகச் சொல்வோம். இந்த நிலையில் ஆவியின் அமுக்கம் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கம் (Saturated vapour pressure) எனப்படும். இது ஒரு திரவத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் மாறிலி ஆகும். ஆனால் வெப்பநிலை உயர உயர நிறைநிலை ஆவி அமுக்கமும் மாறும். நிறைநிலை அடையாத ஆவி பாயில் விதியை ஒட்டி ஒழுகும்போது, நிறைநிலை அடைந்த ஆவி அவ்வாறு ஒழுகாது.

ஈர அளவியல் (Hygrometry)

கடல், ஆறு, மற்ற நீர் நிலைகள் போன்றவற்றிலிருந்து இடைவிடாது நீர் ஆவியாகிக்கொண்டே இருப்பதால் நம் வளி மண்டலத்திலுள்ள காற்றில் ஒரளவிற்கு நீரின் ஆவி உள்ளது. எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் நீரின் ஆவியின் அமுக்கம் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கம் எனப்படும் ஒரு பெரும அமுக்கம் உள்ளதென்பதும், இது வெளியில் காற்றிருந்தாலும் அல்லது வெற்றிடமானாலும் ஒரு மாறிலி என்பதும் நாமறிந்ததே. எனவே, வளியானது தன்னகத்தே கொள்ளக்கூடிய நீர் ஆவியின் அளவிற்கு ஒரு எல்லை உண்டு; இது வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலையை மட்டிலுமே சார்ந்தது. எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் வளிமண்டலம் ஒரு பெரும அளவு நீர் ஆவியைத்தான் கொண்டிருக்க முடியும். அந்த பெரும அளவு நீர் ஆவியைப் பெற்றிருந்தால் அது நிறைநிலை அடைந்து விட்டது எனவும், அதற்குக் குறைவாகப் பெற்றிருந்தால் நிறைநிலை அடையவில்லை எனவும் கூறுவோம். வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் உள்ள நீர் ஆவியின் அளவே அதன் தனி ஈரப்பதன் (Absolute humidity) எனப்படும்.

இது நீர் ஆவியின் அடர்த்தியினாலோ அல்லது ஆவி அமுக்கத்தாலோ குறிக்கப்படும்.

இந்த தனி ஈரப்பதன் நமக்கு அவ்வளவாகப் பயன்படாது. ஏனெனில், ஒரு வெப்பநிலையில் நிறைநிலை ஆக்காத ஆவியின் அளவு மற்றொரு வெப்பநிலையில் வளிமண்டலத்தை நிறைநிலை ஆவியால் நிரப்பமுடியும். எனவே, ஒப்பு ஈரப்பதன் (Relative humidity) என்ற ஒன்றே பெரிதும் கையாளப்படுகிறது.

எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும், வளிமண்டலத்தில் ஒரு அலகு கன அளவுக் காற்றில் உண்மையில் உள்ள நீர் ஆவியின் பொருண்மைக்கும் அதே கன அளவுக் காற்றினை நிறைநிலைப்படுத்துவதற்குத் தேவையான நீர் ஆவியின் பொருண்மைக்கும் உள்ள விகிதமே அவ்வெப்பநிலையில் வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதன் ஆகும்.

எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் ஒரு கன அளவுக் காற்றில் உள்ள ஆவியின் பொருண்மை அதன் அமுக்கத்திற்கு ஏறத்தாழ நேர்விகிதத்தில் இருக்குமாதலால், ஒப்பு ஈரப்பதனை பின் வருமாறு மாற்றியும் வரையறுக்கலாம்.

எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் உள்ள நீர் ஆவியின் அமுக்கத்திற்கும், நிறைநிலை ஆவி அமுக்கத்திற்கும் உள்ள விகிதமே அவ்வெப்பநிலையில் வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதன் ஆகும்.

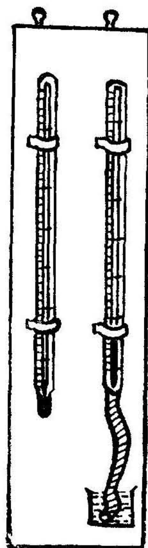
ஒரு பாத்திரத்தில் நீரை எடுத்துக்கொண்டு அதில் பனிக் கட்டிகளைப்போட்டு அதனைத் தொடர்ந்து குளிரச்செய்தால் அதனை ஒட்டியுள்ள காற்றும் குளிர்ந்துகொண்டே சென்று ஒரு நிலையில் அதிலுள்ள ஆவியே காற்றின் நிறைநிலைப்படுத்தும். அதற்குக் கீழாக வெப்பநிலையைத் தாழ்த்தினால் நீர் ஆவியானது சுருங்கி பாத்திரத்தின்மீது சிறுசிறு பனித்துளிகளாகப் (Dews) படியும். இவ்வாறு பனித்துளிகள் உருவாகும் வெப்பநிலை, பனிநிலை (Dew point) எனப்படும். **வளிமண்டலத்தை எந்த வெப்பநிலைக்குக் குறைத்தால் அதிலுள்ள நீர் ஆவி நிறைநிலைப்படுத்துமோ அந்த வெப்பநிலையே பனிநிலை எனப்படும்.** எனவே, பனிநிலையில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கமே வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் உள்ள ஆவியின் அமுக்கமாகும். எனவே, ஒப்பு ஈரப்பதனைக் கீழ்க்கண்டவாறும் வரையறுக்கலாம்.

வளிமண்டலத்தின் பனிநிலையில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கத்திற்கும், வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலையில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கத்திற்கும் உள்ள விகிதமே ஒப்பு ஈரப்பதன் ஆகும்.

இது ஒரு பொருண்மைகள் அல்லது அமுக்கங்களின் விகிதமே ஆதலால் இது ஒரு எண்ணாகும். இதனை நூற்றின் பகுதியாகக் (Percentage) கூறுவது வழக்கம்.

ஈர, உலர் குமிழ் ஈரஅளவி (Wet and dry bulb hygrometer)

ஒப்பு ஈரப்பதனை அளப்பதற்குப் பயன்படும் கருவி ஈர அளவி (Hygrometer) எனப்படும், பலவகை ஈரஅளவிகள் உள்ளன. அவற்றுள் எளிதாகப் பயன்படுத்தக்கூடியது ஈர, உலர் குமிழ் ஈரஅளவியாகும். இது ஒன்றன் பக்கத்தில் ஒன்றாகப் பொருத்தப்பட்ட இரு வெப்பமானிகளை உடையது. இவை ஃபாரன்ஹீட் வெப்பமானிகளாகவே வழக்கமாக இருக்கும். ஒன்றின் குமிழ் சாதாரணமாக இருக்கும். இது உலர் குமிழ் வெப்பமானி. மற்றொன்றின் குமிழ் ஈர மஸ்லின் துணியால் மூடப்பட்டிருக்கும். இது எப்போதும் ஈரமாக இருப்பதற்காகவேண்டி ஒரு சிறு நீர்த் தொட்டியில் அமிழ்த்து வைக்கப்பட்ட ஒரு பஞ்சுத் திரியோடு இம்மஸ்லின் துணி இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 5.16

உலர்ந்த குமிழ் வெப்பமானி காற்றின் வெப்பநிலையைக் காட்டும். ஆனால், மற்றொன்றின் குமிழைச் சூழ்ந்துள்ள ஈரத் துணியிலிருந்து நீர் தொடர்ந்து ஆவியாதலால், அதற்குத் தேவையான உள்ளுறை வெப்பம் குமிழிலிருந்தே எடுத்துக் கொள்ளப் பெற்று, இதுகுறைந்த ஒரு வெப்பநிலையைக் காட்டும். உலர், ஈர வெப்பமானிகள் காட்டும் அளவுகள் முறையே θ_1, θ_2 ஆனால் பனிநிலையைக் (θ) காண்பதற்கென க்ளெஷர் காரணிகள் (Glaisher factors) எனப்படுவனவற்றைத் தரும், செய்முறையில் வகுக்கப்பெற்ற அட்டவணைகள் உள்ளன. இவற்றிலிருந்து θ_1-க்கு நேரான க்ளெஷர் காரணி G-ஐக் கண்டு கொண்டு,

$$(\theta_1 - \theta) = G\,(\theta_1 - \theta_2)$$

எனும் வாய்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி θ-ஐக் கணக்கிடலாம். θ, θ_1 ஆகிய வெப்பநிலைகளில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கங்களை வேறு அட்டவணைகளிலிருந்து எடுத்துக்கொண்டு ஒப்பு ஈரப் பதனைக் கணக்கிடலாம்.

உலர்குமிழ் வெப்பமானி காட்டும் அளவிற்கும், இதிலிருந்து ஈரக்குமிழ் வெப்பமானி தாழ்ந்துள்ள அளவிற்கும் நேராக ஒப்பு ஈரப்பதனைத் தரும் அட்டவணைகளும் உள்ளன.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஓரிடத்தின் வெப்பநிலை 28·4°C ஆக இருக்கும்போது பனிநிலை 25·3°C ஆனல் கீழ்க்கண்ட விவரங்களைக்கொண்டு வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதனைக் கணக்கிடு.

25°C-ல் நிறைநிலை நீர் ஆவி அமுக்கம் = 23·78 மி.மீ. பாதரசம்

26°C ,, ,, = 25·18 ,, ,,

28°C ,, ,, = 28·32 ,, ,,

2 °C ,, ,, = 30·01 ,, ,,

29°C-ல் நி. ஆ. அ = 30·01 மி.மீ. பாதரசம்

28°-Cல் ,, = 28·32 ,, ,,

எனவே, 1°C வேறுபாட்டிற்கு நி. ஆ. அ. மாறுபாடு } = 1·69 ,, ,,

எனவே, 28·4°C-ல் நி. ஆ. அ = 28·32 + 1·69 × 0·4

= 29·996 மி.மீ. பாதரசம்

26°C-ல் நி. ஆ. அ. = 25·18 மி.மீ. பாதரசம்

25°C-ல் ,, = 23·78 ,, ,,

எனவே, 1°C வேறுபாட்டிற்கு நி. ஆ. அ. மாறுபாடு } = 1·4 ,, ,,

எனவே, 25·3°C நி. ஆ. அ = 23·78 + 1·4 × 0·3

= 24·2 மி. மீ. பாதரசம்.

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் நி.ஆ. அ.}}{\text{அறை வெப்ப நிலையில் நி.ஆ.அ.}}$$

அல்லது, ஒப்பு ஈரப்பதன் $= \frac{24 \cdot 2}{28 \cdot 996} = 0 \cdot 8345$

அல்லது, ஒப்பு ஈரப்பதன் $= 83 \cdot 45\%$

(2) ஈர, உலர் குமிழ் ஈர அளவி ஒன்று காட்டும் அளவுகள் முறையே 25°C, 30°C ஆனால், பனிநிலையைக் கண்டுபிடி. 30°C-ல் க்ளைஷர் காரணி = 1·65.

உலர்குமிழின் வெப்பநிலை $\theta_1 = 30°C$

ஈரக் குமிழின் வெப்பநிலை $\theta_2 = 25°C$

30°C-ல் க்ளைஷர் காரணி $G = 1 \cdot 65$

பனிநிலை θ°C ஆனால்,

$(\theta_1 - \theta) = G(\theta_1 - \theta_2)$ வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்த

$$30 - \theta = 1 \cdot 65\,(30 - 25)$$

அல்லது, $\theta = 30 - 1 \cdot 65 \times 5$

அல்லது, $\theta = 21 \cdot 75°C.$

வெப்பம் பரவுதல்

சூடான பொருள்களிலிருந்து குளிர்ந்த பொருள்களுக்கு வெப்பம் பாய்கிறது என்பதைப் பார்த்தோம். இது மூன்று வகைகளில் நிகழலாம். அவை கடத்தல் (Conduction), நகர் முறைக் கடத்தல் (Convection), கதிர் வீசல் (Radiation) ஆகும்.

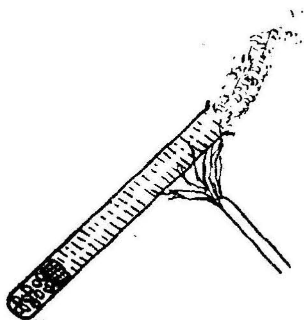
கடத்தல்

ஒரு இரும்புத்துண்டின் ஒரு முனையைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு மறுமுனையைச் சூடாக்கினால் விரைவிலேயே வெப்பம் கையை அடையக் காணலாம். இவ்வாறு வெப்பம் ஒரு பொரு ளின் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குச் செல்லும்போது அப்பொருளின் துகள்கள் நகர்ந்ததாகத் தோன்றுவதில்லை.

இவ்வாறு வெப்பம் பரவும்போது பொருளின் துகள்கள் சூடாக்கும் முனையில் அவற்றின் அமைதிநிலையை மையமாகக் கொண்டு அதிர்வுறும். அதனால் அவற்றைஅடுத்துள்ள துகள் களும், அதனைத் தொடர்ந்து அதனை அடுத்துள்ள துகள்களும் எனத்துகள்கள் அதிர்வுற்று, வெப்பத்தைக் கடத்துகின்றன. இவ்வாறு, ஒரு பொருளின் சூடான பகுதியிலிருந்து குளிர்ந்த பகுதி களுக்கு பொருளின் துகள்கள் நகர்ந்து செல்லாமலேயே வெப்பம் கடத்தப்படுவதற்கு வெப்பக் கடத்தல் எனப்பெயர்.

எல்லாப் பொருள்களுமே வெப்பத்தைக் கடத்துமானாலும் திரவங்கள் (பாதரசம் தவிர), வாயுக்களின் கடத்தும் திறன் மிகமிகக் குறைவு. திடப்பொருள்களிலும் உலோகங்களே சிறந்த கடத்திகளாகும். இவை எளிதில் கடத்திகள் (good conductors) எனப்படும். உலோகமல்லாத திடப்பொருள்கள் பஞ்சு, மரம், கம்பளி போன்றவை அவ்வளவாக வெப்பத்தைக் கடத்துவதில்லை. இவை அரிதில் கடத்திகள் (poor conductors) எனப் பெறும். இவற்றைச் சில சிறு சோதனைகள் வாயிலாகச் செய்து காட்டலாம்.

ஒரு இரும்புக் கம்பியையும், மரக்கட்டையையும் ஒன்றை ஒன்று ஓரச்சாகத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்படி வைத்து அவற்றின்மீது ஒரு காகிதத்தினைச் சுற்றி இதனை ஓர் விளக்கின் சுடரின்மீது இலேசாக உருட்டினால் மரக்கட்டையின் மீதிருந்த காகிதம் விரைவில் கருகிப்போகக் காணலாம். காகிதத்தின் மீது படும் வெப்பத்தை இரும்பு விரைவில் கடத்தி விடுவதால் அதன் மீதுள்ள காகிதம் உடனே கருகுவதில்லை. இதிலிருந்து இரும்பு எளிதில் கடத்தி என்பதும், மரம் அரிதில் கடத்தி என்பதும் தெரிகிறது.

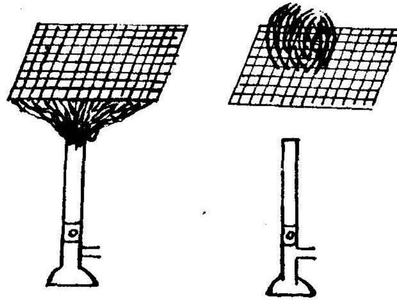


படம் 5.17

ஒரு சோதனைக் குழாயில் அடியில் பனிக்கட்டி துண்டுகளைப் போட்டு அவை மேலே வராதபடி ஒரு இரும்புக்கம்பி வலையை அமைத்து அதற்கு மேல் நீரை ஊற்றி, சோதனைக் குழாயின் மேல் பகுதியை புன்சன் அடுப்பில் காய்ச்ச, மேலுள்ள நீர்சூடாகி ஆவியாகி வெளிச்செல்லக் காண லாம். அதேநேரத்தில் அடியில் உள்ள பனிக்கட்டித் துண்டுகள் சாதாரணமாக எவ்வளவு உரு

குமோ அதற்குமேல் ஏதும் உருகியதாக, அதாவது சூடாக்குவதால் உருகுவதாகக் காணாது. இதிலிருந்து நீரின் மேல்பகுதியில் கொடுத்த வெப்பம் குளிர்ந்த கீழ்ப்பகுதிக்கு நீர் வழியே வரவில்லை என்பது தெரிகிறது. எனவே, நீர் ஒரு அரிதில் கடத்தியாகும்.

ஒரு புன்சன் அடுப்பின் மீது ஒரு கம்பிவலையை வைத்து இவ்வலைக்கு அடியில் தீக்குச்சியைக் கொளுத்திக் காட்டினால்



படம் 5.18

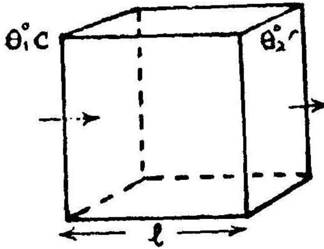
வலைக்கு அடியிலேயே தீச்சுடர் இருக்கக் காணலாம். கம்பி வலையின் ஊடு தப்பி மேலே வருகின்ற வாயுவின் வெப்பத்தை கம்பி வலை விரைவில் கடத்தி விடுவதால் மேலே அது தீப்பற்றும் அளவிற்குச் சூடாக இருப்பதில்லை. இவ்வாறே சுடரை அணைத்து விட்டு மீண்டும் வலைக்கு மேற்புறம் தீக்குச்சியைப் பிடிக்க மேலே மட்டும் சுடர் பரவும். இதுவும் கம்பி விரைவில் வெப்பத்தைக் கடத்துவதாலேயே.

இந்தத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்திதான் டேவியின் காப்பு விளக்கு (Davy's safety lamp) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு எண்ணெய் விளக்காகும். இதனைச்சுற்றி ஒன்றை அடுத்து ஒன்றாக இரு கம்பி வலைகள் இருக்கும். சுரங்கங்களில் எதிர்பாராமல் தோன்றும் எளிதில் தீப்பிடிக்கக்கூடிய வாயுக்கள் விளக்கினால் தீப்பிடித்து வெடிக்க வாய்ப்புண்டு. ஆனால், இந்த விளக்கை எடுத்துச்சென்றால் கம்பி வலைகளின் காரணமாக விளக்கின் சூடு வெளிவந்து வாயுக்களை சூடாக்குவதில்லை.

வெப்பம் கடத்தும் திறன் (Thermal Conductivity)

வெவ்வேறு பொருள்களும் வெவ்வேறு அளவுகளில் வெப்பத்தைக் கடத்துகின்றன என்று கண்டோம். அதாவது, வெவ்வேறு வெப்பம் கடத்தும் திறனைப் பெற்றுள்ளன. இந்த வெப்பம் கடத்தும் திறனுக்கு ஒரு வரையறையினைக் காண்போம்.

செவ்வகக் கட்டி வடிவிலுள்ள ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். ஒவ்வொன்றும் A பரப்பளவு உள்ள அதன் எதிரெதிரான இரு பக்கங்கள் θ_1°C, θ_2°C என்ற இரு வெப்ப நிலைகளில் இருக்கட்டும். இதில் θ_1 ஆனது θ_2ஐ விடப் பெரிதாக இருந்தால் வெப்பம் முதல் பக்கத்திலிருந்து எதிர்ப் பக்கத்திற்குப்பாயும். இவ்வாறு t வினாடிகளில் பாயும் வெப்பம் Q ஆனது (1) கட்டியின் குறுக்களவு Aக்கு நேர் விகிதத்திலும் (2) இரு பக்கங்களின் வெப்ப நிலை வேறுபாட்டுக்கு $(\theta_1 - \theta_2)$ நேர் விகிதத்திலும் (3) வெப்பம் பாயும் நேரத்திற்கு (t) நேர் விகிதத்திலும் (4) இருபக்கங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்திற்கு (l) எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும். எனவே,



படம் 5.19

$$Q \propto A$$

$$\propto (\theta_1 - \theta_2)$$

$$\propto t$$

$$\propto \frac{1}{l}$$

எனவே, $$Q \propto A \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{l} t$$

அல்லது, $Q = KA \dfrac{\theta_1 - \theta_2}{l}$ t. இங்கே K என்பது ஒரு மாறிலி. இது அப்பொருளின் வெப்பம் கடத்தும் திறன் கெழு (Coefficient of thermal Conductivity) எனப்படும்.

இப்போது, $A = 1$ சதுர செ.மீ. ஆகவும், $\theta_1 - \theta_2' = 1°C$ ஆகவும், $l = 1$ செ.மீ. ஆகவும் இருந்தால் 1 விநாடியில் பொருள் கடத்தும் வெப்பம்,

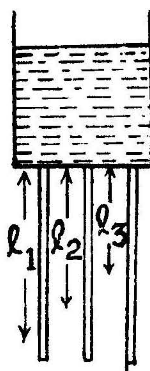
$$Q = K \cdot 1 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1} = K$$

எனவே, ஒரு பொருளின் வெப்பம் கடத்தும் திறன்கெழு என்பது ஒரு அலகு பக்கமுள்ள ஒரு கன சதுரக் கட்டியின் எதிரெதிர் பக்கங்களுக்கு இடையே ஒரு டிகிரி வெப்பநிலை வேறுபாடு இருக்கும்போது இவற்றுள் ஒரு பக்கத்திலிருந்து எதிர்ப்பக்கத்திற்கு ஒரு விநாடியில் பாயும் வெப்பமே என வரையறுக்கலாம்.

வெப்பம் கடத்தும் திறன்களை ஒப்பிடுதல்

இன்ஜென்ஹாஸ் சோதனை (Ingenhauz's experiment)

ஒரே விட்டமும், நீளமும் உடைய வெவ்வேறு பொருள்களான கம்பிகள் ஒரே மாதிரியாக மெருகிடப்பட்டு அவற்றின் மீது ஒரே கனத்தில் சீராக மெழுகு தடவப்பெற்றுள்ளன. இவை உருளைவடிவானப் பாத்திரத்தின் அடிப் பக்கத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பாத்திரத்தைக் கொதி நீரால் நிரப்ப கம்பிகளின் மீதுள்ள மெழுகு உருக ஆரம்பிக்கும். கம்பிகளின் வெப்பம் கடத்தும் திறன்கள் வெவ்வேறு ஆனதால் அவற்றின்மீது மெழுகு உருகும் நீளமும் மாறுபட்டிருக்கும். இந்த நீளங்களை l_1, l_2, l_3 என அளந்து கொள்ள வேண்டும். இக்கம்பிகளின் வெப்பம் கடத்தும் திறன்கெழுக்கள் முறையே K_1, K_2, K_3 ஆனால் $K_1 : K_2 : K_3 = l_1^2 : l_2^2 : l_3^2$ எனக்காட்டலாம். இவ்வாறாக, வெவ்வேறு பொருள்களின் வெப்பம் கடத்தும் திறன்களை ஒப்பிடலாம். இவற்றுள் ஒன்றின் திறன் தெரிந்திருந்தால் மற்றவற்றைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.



படம் 5.20

எடுத்துக்காட்டுகள்

(.) இன்ஜென்ஹாஸ் சோதனையில் இரும்பு, செப்புக் கம்பிகள் பயன்படுத்தப்பெற்றன. இவற்றின்மீதுள்ள மெழுகு

முறையே 3 அங்குலமும் 8 அங்குலமும் உருகினால் அவற்றின் வெப்பக் கடத்தும் திறன்களை ஒப்பிடு. செம்பின் வெப்பம் கடத்தும் திறன் 0·9 ஆனால், மற்றதின் திறனைக் கணக்கிடு.

இரும்பு, செம்பு ஆகியவற்றின் திறன்கள் k_1, k_2 எனக் கொள்வோம்.

$$k_1 : k_2 = l_1^2 : l_2^2$$

அல்லது,
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2} = \frac{3^2}{8^2} = \frac{9}{64}$$

$k_2 = 0{\cdot}9$ ஆனதால்,

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_1}{0{\cdot}9} = \frac{9}{64}$$

அல்லது,
$$k_1 = \frac{9}{64} \times 0{\cdot}9 = 0{\cdot}1265$$

அல்லது, $k_1 = 0{\cdot}1265$. கலோரி/சதுர செ.மீ./ஒரு அலகு வெப்பநிலைச்சரிவு.

(2) 150°C வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு அடுப்பின்மீது 0·3 செ. மீ. கனமும், 150 சதுர செ.மீ. பரப்பளவுமுடைய ஒரு வாணலி யில் 100°C வெப்பநிலையில் நீர் கொதித்துக் கொண்டுள்ளது. ஒரு நிமிடத்தில் எவ்வளவு நீர் ஆவியாகும்? நீராவியின் உள் ளுறை வெப்பம் = 540 கலோரி/கிராம், வாணலியின் வெப்பம் கடத்தும் திறன் = 0·16.

ஒரு நிமிடத்தில் வாணலியின் வழி நீருக்குச் செல்லும் வெப்பம் Q எனக்கொள்வோம்.

$$Q = \text{K}.\ A.\ \frac{\theta_1 - \theta_2}{l}\ t$$

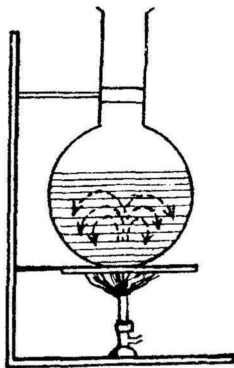
$$= 0{\cdot}16 \times 150 \times \frac{150-100}{0{\cdot}3} \times 60 \text{ கலோரி}$$

$$= 2{\cdot}4 \times 10^5 \text{ கலோரி.}$$

1 நிமிடத்தில் ஆவியாகும் நீர் $= \frac{Q}{L} = \frac{2{\cdot}4 \times 10^5}{540} = 444$ கிராம்

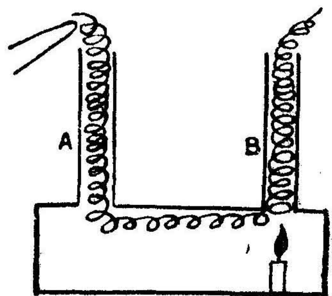
நகர்முறைக் கடத்தல் (Convection)

ஒரு குடுவையில் நீரை எடுத்துக்கொண்டு சூடாக்கினால், அடியிலுள்ள நீர் முதலில் சூடேறி, அதனால் அதன் அடர்த்தி குறைய மேலே செல்லும். மேலே உள்ள அடர்த்திமிக்க நீர்த்துளிகள் கீழே வந்து வெப்பத்தைப்பெற்று, அடர்த்தி குறைந்து மீண்டும் மேலே செல்லும். இவ்வாறு தொடர்ந்து நீர்த்துளிகள் நகர்ந்து செல்வது நகர் முறைக் கடத்தல் ஓட்டங்கள் (Convection Current) எனப்படும். குடுவையின் அடியில் சில பொட்டாஷியம் பர்மாங்கனேட் படிகங்களைப் போட்டு இச்சோதனையைச் செய்தால் இந்த ஓட்டங்களை நன்கு காணலாம். இந்த முறையில், அதாவது, ஒரு பொருளின் துகள்களது இடம் விட்டுப் பெயர்ந்து செல்லும் இயக்கத்தினால் வெப்பம் கடத்தப் படுவதற்கு நகர்முறைக் கடத்தல் எனப் பெயர்.



படம் 5·21

நகர்முறைக் கடத்தல் திரவங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றிலேயே நிகழும். வாயுக்களில் நிகழ்வதனைப் பின்கண்ட சோதனையால் செய்து காட்டலாம். ஒரு உலோகப் பெட்டியில் படம் 5·22-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் செங்குத்தாக A, B எனும் இரு குழாய்களைப் பொருத்தி, பெட்டிக்குள் B குழாய்க்குக் கீழே ஒரு மெழுகு வத்தியை ஏற்றிவைத்துவிட்டு A குழாய்க்கு மேலாக ஒரு புகையும் காகிதத்தைப் பிடித்தால், புகை A குழாய் வழியே பெட்டிக்குள் சென்று B வழியே தொடர்ந்து வெளிவரக் காணலாம். இது ஏன்? B குழாயின் அடியிலுள்ள காற்று வத்தியின் வெப்பத்தால் சூடாகி, அதனால் அடர்த்தி குறைந்து மேலே செல்கிறது. இதனால் A குழாய் வழியாகக் குளிர்ந்த காற்று உள் நுழையும்போது புகையையும் தன்னுடன் எடுத்துச் செல்கின்றது.



படம் 5.22

இந்தத் தத்துவம்தான் புகைபோக்கிகளில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது.

நகர்முறைக் கடத்தலினுல் பல இயற்கை விளைவுகளும் பல பயன்களும் உள்ளன. அயனக் காற்றுகள் (Trade winds) ஏற்படுவதும் இதனுல்தான் பூமத்தியரேகைப் பகுதிகளில் வெப்பமாக, அடர்த்தி குறைந்து மேலே எழ, குளிர்ந்த தென், வடமுனைப்பகுதிகளிலிருந்து அடர்த்தி மிக்ககாற்று இப்பகுதிகளை நோக்கி வீசும். பூமியின் சுழற்சி காரணமாக இவை சாய்ந்து அடிக்கின்றன. கடற்கரைப் பகுதிகளில் கடல் காற்றும், நிலக்காற்றும் ஏற்படுவதும் இதனுல்தான். பிற்பகல் வேளைகளில் நிலமானது கடலைவிட விரைந்து சூடேறிவிட, நிலத்தின் மீதுள்ள காற்று அடர்த்தி குறைந்து மேலேற, கடலின்மீதுள்ள குளிர்ந்த காற்று நிலத்தை நோக்கி வீசுகிறது. இதுவே கடல் காற்று. மாலையின் பிற்பகுதியிலும் இராப் போதிலும் நிலம் விரைந்து குளிர்வதால் நிலத்திலிருந்து கடலை நோக்கி நிலக்காற்று வீசுகிறது.

வீடுகளில் அறைகளில் தாழ்ந்த நிலையில் சாளரங்களையும் (Windows) உயரத்தில் காற்றுப் போக்கிகளையும் (Ventilators) அமைக்கிறேம். இதனுல் நாம் விடும் வெப்பமான மூச்சுக் காற்று மேலேறி காற்றுப்போக்கி வழியாக வெளியேற புதிய, குளிர்ந்த காற்று சாளரத்தின் ஊடு உள் நுழையும்.

கதிர் வீசல் (Radiation)

குளிர்காலத்தில் மூட்டம் போட்டுக் குளிர் காய்கிறேம். மூட்டத்திலிருந்து வெப்பம் கடத்தல் முறையால் நம்மை அடைவதில்லை எனத்தெரியும்; நகர்முறைக் கடத்தலாலும் நம்மை அடைய முடியாது. ஏன்? வெப்பத்தினுல் சூடாகும் காற்றுமேலேதான் செல்லுமேயன்றி பக்கத்தில் அமர்ந்திருக்கும் நம்மிடம் வாராதன்றே? மேலும் கதிரவனிலிருந்து நாளும் நாம் யாங்ஙனம் வெப்பம் பெறுகின்றேம்? கதிரவனுக்கும் நமக்கும் இடையில் வளியோ, வேறு எந்த பருப்பொருளுமோ இல்லை என்பது தெரியும். இவ்வாருக, பருப்பொருளின் துணையின்றி வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றேரிடத்திற்குப் பரவுதலே **வெப்பக் கதிர் வீசல் எனப்படும்.**

இவ்வாறு கதிர் வீசப்படும் வெப்பம் ஒளியைப் போன்றதே. இரண்டும் வெற்றிடத்தின் ஊடு ஒரே வேகத்தில் (விநடிக்கு 1,86,000 மைல்கள்) வேகத்தில் செல்லும் ஒளியைப் போலவே,

இதனையும் திருப்பமடையச் செய்யலாம்; விலகலடையச் செய்யலாம். ஒரு சிறு குவிவில்லையை கதிரவன் ஒளியில் கையிலிருந்து சரியான தூரத்தில் வைக்க, கையின்மீது வெப்பக் கதிர்கள் குவிதலால் அந்த இடம் சூடு பொறுக்க முடியாது போகக் காணலாம். ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள கரிய பொருள், வெண்மையான, பளபளப்பாக உள்ளதனைக் காட்டிலும் விரைவாக வெப்பத்தைக் கதிர் வீசும். அஃதேபோன்று விரைவில் வெப்பத்தை ஏற்கும். பளபளப்பான வெள்ளிக் குவளையில் வைத்த வெந்நீர் ஆறநேரம் அதிகமாவதும், சரியாகத் தேய்க்கப் படாத அலுமினியக் குவளையில் வைத்த நீர் விரைந்து குளிர்வதும் இதனால்தான். வெப்பமான நாடுகளில் வசிப்போர் வெள்ளைநிற உடைகளை விரும்புவதும், வெயிலில் கிளம்ப கருப்புக் குடையைப் பயன்படுத்துவதும், கலோரி மீட்டரை பளபளப்பாகத் தேய்த்துப் பயன்படுத்துவதும் இதனால்தான்.

தெர்மாஸ் குடுவை (Thermos flask)

இது ஒரு இரட்டைச் சுவரினை உடைய ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரமாகும். இரு சுவர்களுக்கும் இடையே உள்ள காற்று முழுதும் வெளியேறப்பட்டிருக்கும். இதனால் நகர்முறைக்கடத்தல் ஏற்பட வழி இல்லை. இச்சுவர்களின் வெளிப்பக்கங்கள் (உட்சுவரின் உட்பக்கமும் வெளிச்சுவரின் வெளிப் பக்கமும்) நன்றாக, பளபளப்பாக வெள்ளி ரசம் பூசப்பட்டிருக்கும் இதனால் கதிர் வீசல் சிறுமமாக்கப்படுகிறது. இந்தப் பாத்திரம் ஒரு உலோகக் கூடுக்குள் அதனைத் தொடாமல் தக்கைகள்மீது வைக்கப்பட்டு தக்கையால் வாய் மூடப்பட்டிருக்கும். இதனால் வெப்பக் கடத்தலும் தவிர்க்கப்படுகிறது. எனவே, இதனுள் வைக்கப்படும் பொருள் அதே வெப்பநிலையில் பல மணி நேரம் இருக்கும்.



படம் 5.23

வெப்பத்தின் தன்மை

சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்கு வெப்பம் பாய்வதால், மேட்டிலிருந்து தாழ்நிலைக்குப் பாயும் திரவம் போன்று வெப்பம் ஓர் திரவமே என நெடுங்காலமாகக் கருதப் கருதப்பெற்று வந்தது. இத்திரவத்திற்குக் கலோரிக் (Caloric)

எனவும், வெப்பம் பற்றிய இக்கொள்கைக்குக் கலோரிக் கொள்கை எனவும் பெயர். ஆனால், வெப்பநிலை மிகுந்த பொருளின் எடை அதிகமாக இல்லாததால் இது எடையற்றதெனவும், எல்லாப் பொருள்களிலும் இது இருக்கவேண்டுமானதால் இது எங்கும் நிறைந்ததென்றும், இதனை ஆக்கலோ அல்லது அழித்தலோ ஆகாத ஒன்றென்றும் கருதப்பட்டது. இதனைக்கொண்டு, காணப்பெறும் நிகழ்ச்சிகள் யாவும் விளக்கப் பெற்றன. இத்திரவம் ஒரு பொருளினுள் பாய வெப்பநிலை மிகுகின்றது. வெளியேற வெப்பநிலைக் குறைகிறது; இத்திரவத்தின் துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத் தள்ளுவன வெனக் கருதப்பட்டமையான் வெப்பத்தால் பொருள்கள் விரிவடைதல் விலக்கப்பட்டது. பொருள்கள் உராய்தலால் வெப்பம் தோன்றுவது நீரில் நனைந்த பஞ்சைப் பிழியும்போது நீர் கொட்டுவது போன்றதே என எண்ணப்பட்டது. இஃதே போன்று எல்லா நிகழ்ச்சிகளும் விளக்கப்பெற்றன.

ஆனால் 18-ம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் பீரங்கி தயாரித்துக் கொண்டிருந்த ரம்ஃபோர்ட் (Rumford) என்பவர் அதனைத் துளைத்துக் கொண்டிருந்த போது தெறித்த இரும்பு துண்டு சூடாக இருக்கக்கண்டார். இவ்வுண்மை ஆதிகால மனிதன் அறிந்த ஒன்றே ஆயினும் அவரை இது சிந்திக்க வைத்தது. மேலும் சோதனைகள் செய்து உராய்தலினால் ஒரு பொருளிலிருந்து அளவிடற்கரிய வெப்பத்தைப் பெறமுடியும் எனக்காட்டினார். இது உண்மையாயின் கலோரிக் கொள்கைப்படி ஒரு சிறு துகளிலும் அளவற்ற கலோரிக் இருக்கவேண்டும்! ரம்ஃபோர்டைத் தொடர்ந்து டேவியும், ஜூலும் செய்த சோதனைகளின் வாயிலாக புதியதொருகொள்கை உருவாகியது. அதுவே, வெப்பத்தின் இயக்ககொள்கை (Dynamic theory of heat) இதன்படி வெப்பம் ஒரு ஆற்றலே. இதனைப் பொறி ஆற்றலிலிருந்து (Mechanical energy) பெற முடியும். பொறி ஆற்றல் மறைய வெப்பம் தோன்றுகிறது. இது சிக்கிமுக்கிக் கற்களைத் தேய்க்கும்போதுவேலை செய்கிறோம்; பொறி ஆற்றல் மறைகிறது; வெப்பம் தோன்றுகிறது. மேலும் மேலும் தேய்க்க வெப்பம் தோன்றிக்கொண்டே உள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்தால் எப்போதும் அதற்கு ஈடான ஒரு அளவு வெப்பம் தோன்றும். எனவே, எந்த ஒரு அளவு வெப்பத்திற்கும் ஈடான பொறி ஆற்றல் ஒன்று உண்டு. இவை இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள மாற்று மதிப்பே வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு (Mechanical equivalent of heat). இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு அலகு வெப்ப ஆற்றலைத் தோற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பொறி ஆற்றலே வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பாகும்.

எனவே, H கலோரி வெப்பத்தை உண்டாக்க W எர்கு வேலை செய்ய வேண்டுமானால்.

வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு $J = \frac{W}{H}$ எர்கு/கலோரி, இதனை ஜோல்/கலோரியிலும் குறிப்பதுண்டு. இதன் மதிப்பு $4{\cdot}18 \times 10^7$ எர்கு/கலோரி அல்லது, 4·18 ஜோல்/கலோரி ஆகும். பிரிட்டிஷ் முறையில் இதன் மதிப்பு 778 அடி-பவுண்டு/பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 1000 வாட் மின்சார அடுப்பு ஒன்றில் வைக்கப்படும் 28°C-ல் உள்ள ஒரு லிட்டர் 5 நிமிடத்தில் கொதிக்க ஆரம்பித்தால் வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பைக் கண்டுபிடி.

1000 வாட் அடுப்பு ஒரு விநாடியில் 1000 ஜோல் ஆற்றலைச் செலவிடுகிறது. எனவே,

5 நிமிடத்தில் செலவாகும் ஆற்றல் $H = 1000 \times 5 \times 60 = 300{,}000$ ஜோல்

நீர் கொதிக்க எடுத்துக் கொள்ளும் வெப்பம், அதாவது இந்த ஆற்றலால் தோன்றும் வெப்பம் H $= 1000 \times 1 \times (100-28)$

$= 72000$ கலோரி

வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு $J = \frac{W}{H} = \frac{300000}{72000}$

$= 4{\cdot}17$ ஜோல்/கலோரி

(2) ஒரு நீர்வீழ்ச்சியில் நீர் 200 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து விழுகிறது. இதன் ஆற்றல்முழுவதும் வெப்பமாக மாறினால் நீர் வீழ்ச்சியின் அடியில் வெப்பநிலை மேலுள்ளதைவிட எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கும்? $J = 4{\cdot}18$ ஜோல்/கலோரி.

m கிராம் நீரை எடுத்துக்கொள்வோம். இது கீழே விழும்

போது செய்யும் வேலை = மேலே இருந்தபோது இதன் நிலை ஆற்றல்

அல்லது, $w = mgh$

$= m \times 980 \times 20000$ எர்குகள்

கீழே விழுவதால் இதன் வெப்பநிலை θ°C உயர்ந்தால்,

வெப்ப ஈட்டம் $= ms\theta$

$= m \times 1 \times \theta = m\theta$

ஆனால், $J = \frac{W}{H}$

எனவே, $4 \cdot 18 \times 10^7 = \frac{m \times 980 \times 20,000}{m \times \theta}$

அல்லது, $\theta = \frac{980 \times 20,000}{4 \cdot 18 \times 10^7}$

$= 0 \cdot 4688$°C.

(3) 10 கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் 300 மீட்டர்/வினடி எனும் வேகத்தில் சென்றுகொண்டுள்ளது. இதனைத் தடுத்து நிறுத்தும்போது அதன் ஆற்றல் முழுதும் வெப்பமாக மாறினல் எவ்வளவு வெப்பம் தோன்றும்? இந்த வெப்பம் முழுதும் அப்பொருளையே சூடாக்கினல் அதன் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயரும்? (பொருளின் வெப்ப எண் = 0·03)

பொருளின இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 10 \times 30000^2$

$= 45 \times 10^8$ எர்குகள்.

இதனைத் தடுத்து நிறுத்தும்போது இந்த அளவு வேலை செய்ய வேண்டும். எனவே, $W = 45 \times 10^8$ எர்கு.

ஆனல், $\frac{W}{H} = J$

எனவே, $H = \frac{W}{J} = \frac{45 \times 10^8}{4 \cdot 2 \times 10^7} = 107 \cdot 1$ கலோரி.

வெப்ப ஈட்டம் $H = ms\theta$ ஆனதால்,

$$107{\cdot}1 = 10 \times 0{\cdot}03 \times \theta.$$

அல்லது, $$\theta = \frac{107{\cdot}1}{0{\cdot}3} = 357°C.$$

வினாக்கள்

(1) வெப்பமானித் திரவங்களாக எவற்றைப் பயன்படுத்து வாய்? ஏன்? கொடுக்கப்பட்ட ஒரு வெப்பமானி சரியானதா என்பதனை வேறு வெப்பமானியின் துணையின்றி எவ்வாறு காண்பாய்?

(2) கண்ணாடியில்-பாதரசம் உள்ள வெப்பமானியை எவ் வாறு தயாரித்து அளவுக் குறியீடு செய்வாய்?

(3) (அ) 0°F (ஆ) 50°F (இ)—10°F ஆகியவற்றைச் சென்டி கிரேடிலும், ரோமரிலும் கூறு.

(4) (அ) −10°C, (ஆ) 30°C, (இ) 200°C ஆகியவற்றை ஃபாரன்ஹீட்டிலும், ரோமரிலும் கூறு.

(5) −5°R (ஆ) 40°R (இ) 250°R ஆகியவற்றைச் சென்டி கிரேடிலும், ஃபாரன்ஹீட்டிலும் கூறு.

(6) ஸிக்ஸின் பெரும, சிறும வெப்பமானியையும் காய்ச்சல் மானியையும் விவரி.

(7) ஒரு திடப்பொருளின் நீள விரிவுக்கெழு, பரப்பு விரிவுக்கெழு, கன விரிவுக்கெழு ஆகியவற்றை வரையறுத்து அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பினைக் காண்.

ஒரு திடப்பொருளின் நீள விரிவுக்கெழுவினைக் காண்பதற் குரிய ஒரு சோதனையை விவரி.

(8) பித்தளையால் செய்த ஒரு அளவுகோல் 0°C-ல் சரியான அளவைக் காட்டும். 30°C–ல் ஒரு நீளத்தை இதைக்கொண்டு 1 மீட்டர் என அளந்தால் ஏற்படும் பிழை யாது? பித்தளையின் நீள விரிவுக்கெழு = 0·0000189.

(9) ஒரு இருப்புப்பாதை அமைக்க 15°Cல் 20 மீட்டர் நீளமுடைய தண்டவாளங்கள் 28°Cல் பயன்படுத்தப்பெற்றன. அந்தப் பகுதியில் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலை 40°C ஆக இருக்கக் கூடுமென்றால் தண்டவாளங்களுக்கிடையே விடவேண்டிய மிகக்குறைந்த தூரம் என்ன? இரும்பின் நீளவிரிவுக்கெழு =0·000011/°C.

(10) 1 மீட்டர் விட்டமுடைய ஒரு இரும்பு வளையம் ஒரு வண்டியின் மரச்சக்கரத்தின்மீது பொருத்தப்படவேண்டும். சக்கரத்தின் விட்டம் 99·5 செ. மீ. ஆனால் வளையத்தை குறைந்தது என்ன வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கவேண்டும்? இரும்பின் நீள விரிவுக்கெழு = $1{\cdot}2\times1{\cdot}0^{-5}$/°C.

(11) 15°Cல் செம்பின் அடர்த்தி 8·94 கிராம்/கன செ. மீ. ஆனால், 800°C ல் அதன் அடர்த்தி என்ன?

(12) ஒரு செப்புக்கோளத்தின் பொருண்மை 1000 கிராம். அதன் வெப்பநிலை 15°C லிருந்து 500°Cஆக உயரும்போது (அ) அதன் கன அளவும் (ஆ) மேற்பரப்பளவும் எவ்வளவு அதிகரிக்கும்?

(13) ஒரு திரவத்தின் தோற்ற, தனி விரிவுக்கெழுக்களை வரையறுத்து அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பினைக் காண்.

ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழுவினைக் காண்பதற்குரிய சோதனையை விவரி.

(14) ஒரு அடர்த்திக் குப்பியில் 0°Cல் 50·8 கிராம் பாதரசம் உள்ளது. அதனை 100°C க்குச் சூடாக்க 0·8 கிராம் பாதரசம் வெளியே வழிகிறது. பாதரசத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழு என்ன? பாதரசத்தின் தனி விரிவுக்கெழு 0·000182 ஆனால் கண்ணாடியின் கனவிரிவுக்கெழு என்ன?

(15) ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக்கெழுவினைக் காண்பதற்கான சோதனையில் கீழ்க்கண்ட அளவுகள் எடுக்கப்பட்டன. கெழுவினைக் கண்டுபிடி.

அடர்த்திக் குப்பியின் எடை = 15·18 கிராம்

28°C ல் திரவம் நிரப்பிய குப்பியின் எடை = 55·57 கிராம்

98°C ல் திரவம் நிரப்பிய குப்பியின் எடை = 53·12 கிராம்

(16) நீரின் முரணிய விரிவு என்றால் என்ன? இதனை ஆராய்வதற்குரிய சோதனைகளை விவரி.

(17) ஒரு வாயுவின் கன அளவுக்கெழு, அமுக்கக்கெழு ஆகியவற்றை வரையறு. அவற்றைக் காண்பதற்குரிய சோதனைகளை விவரி.

(18) தனிச்சுழி வெப்பநிலை, தனிவெப்பநிலை, அளவுத் திட்டம் ஆகியவற்றை விளக்கு.

சார்லஸ் விதி, பாயில் விதி ஆகியவற்றைக் கூறி அவற்றி லிருந்து வாயுச்சமன்பாட்டை வருவி.

(19) ஒரு வாயுவின் கன அளவு மாறாதிருக்கும்போது 0°Cல் அதன் அமுக்கம் 100 செ.மீ. பாதரசமானால், 100°C ல் அதன் அமுக்கம் என்னவாக இருக்கும்?

(20) ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை உடைய வாயு 100°Cல் 1865 கன அங்குலம் உள்ளது. இதன் அமுக்கத்தை மாற்றாமல் வெப்பநிலையை 0°C ஆக்கினால் இதன் கன அளவு என்ன இருக்கும்?

(21) ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய காற்று 23°C ல் 74 செ.மீ. பாதரச அமுக்கத்தில் 38 கன செ.மீ. உள்ளது. இயல்பான வெப்பநிலையிலும், அமுக்கத்திலும் இதன் கன அளவைக் கண்டுபிடி.

(22) இயல்பான வெப்பநிலையிலும், அமுக்கத்திலும் உலர்ந்த காற்றின் அடர்த்தி 1·29 கிராம்/லிட்டர், 28C°லும், 95 செ.மீ. அமுக்கத்திலும் அதன் அடர்த்தி யாது?

(23) இயல்பான வெப்ப நிலையிலும் அமுக்கத்திலும், 1 லிட்டர் ஆக்சிஜன் 1.43 கிராம் இருக்குமானால் 13°Cலும், 80 செ.மீ. அமுக்கத்திலும் 380 கன செ.மீ. ஆக்சிஜனின் பொருண்மையைக் கண்டுபிடி.

(24) ஒரு கண்ணாடிக் குமிழுள் 25°Cலும் 250 மி.மீ. அமுக்கத்திலும் காற்றுள்ளது. எந்த வெப்ப நிலையில் இதன்

அமுக்கம் 76 செ.மீ. ஆக உயரும்? இந்தக் குமிழ் 1.5 வளி அமுக்கம் வரைதான் தாங்குமானால், எந்த வெப்ப நிலையில் இது வெடிக்கும்?

(25) கலோரி, வெப்ப எண், சமநீர் எடை ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒரு கலோரி மீட்டரின் சமநீர் எடையை எவ்வாறு காண்பாய்?

ஒரு கலோரி மீட்டரில் 25°Cல் 100 கிராம் நீர் உள்ளது. 41°Cல் உள்ள 50 கிராம் நீர் இதனுடன் கலக்கப்படும்போது இதன் வெப்ப நிலை 30°C ஆனால், கலோரி மீட்டரின் சம நீர் எடை யாது?

(26) 0.112 வெப்ப எண்ணுடைய, 50 கிராம் இரும்புத் துண்டுகள் 100°Cக்குச் சூடாக்கப்பட்டு 48 கிராம் பொருண்மை யுடைய ஒரு செப்புக் கலோரி மீட்டருள் உள்ள 85 கிராம் திரவத்தில் போடப்பட, திரவத்தின் வெப்பநிலை 30°Cலிருந்து 35°Cக்கு உயருகிறது. திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. (செம்பின் வெப்ப எண் =0.1).

(27) 50 கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு செப்புப் பாத்திரத்தில் 30°Cல் 86 கிராம் நீர் எடுத்துக்கொள்ளப்படு கிறது. 100°Cல் உள்ள செப்புத் துருவலை இதனுள் போட வெப்பநிலை 35°C ஆகிறது. செப்புப் பாத்திரத்தின் இப் போதைய எடை (அதனுள் உள்ளவற்றோடு) 206 கிராம் ஆனால், செம்பின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு.

(28) ஒரு திடப் பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காண்பதற் கான சோதனையை விவரி. இதில் ஏற்படக்கூடிய பிழைகள் யாவை? இவற்றை எவ்வாறு தவிர்ப்பாய்?

5 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு செப்பு உருண்டை ஒரு உலையி லிருந்து எடுக்கப்பட்டு, உடனே 10°Cல் உள்ள 20 பவுண்டு நீருக்குள் போடப்பட, நீரின் வெப்பநிலை 25°C ஆக உயரு மானால் உலையின் வெப்ப நிலை யாது? (செம்பின் வெப்ப எண் = 0·095)

(29) உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் ஆகியவற்றை வரையறு.

பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தையும் நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தையும் காண்பதற்குரிய சோதனைகளைக் கையாள வேண்டிய முன்னெச்சரிக்கைகளை விவரி.

(30) –10°C-ல் உள்ள 20 கிராம் பனிக்கட்டியை 100°C-ல் நீராவியாக மாற்றத் தேவையான வெப்பம் என்ன? பனிக் கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம் =80 கலோரி/கிராம். அதன் வெப்ப எண் = 0 5, நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கலோரி/கிராம்.

(31) 100 கிராம் எடையும் 0·0936 வெப்ப எண்ணும் உடைய ஒரு கலோரி மீட்டரில் 190·64 கிராம் நீர் 30°C-ல் உள்ளது. இதனை 20°C-க்கு குளிரவைக்க 0°C-ல் உள்ள பனிக் கட்டி எவ்வளவு தேவை? பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கலோரி/கிராம்.

(32) 0°C-ல் உள்ள 10 கிராம் பனிக்கட்டி, 10 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் 35°C-ல் உள்ள 50 கிராம் நீரில் போடப்படுகிறது. நீரின் வெப்பநிலை என்னவாகும்?

(33) 6 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் 25°C-ல் 100 கிராம் நீர் உள்ளது. இதில் 50 கிராம் பனிக் கட்டியைப் போட்டால் எவ்வளவு பனிக்கட்டி கரையாமல் இருக்கும்?

(34) 50 கிராம் பொருண்மையுடைய செப்புக் கலோரி மீட்டரில் 20°C-ல் 145·32 கிராம் நீர் உள்ளது. இதனை 36°C-க்கு உயர்த்த 100°C-ல் உள்ள நீராவி எவ்வளவு தேவை? செம்பின் வெப்ப எண் = 0·0936, நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 536 கலோரி/கிராம்.

(35) 3 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் நீரும், 17 கிராம் பனிக்கட்டியும் உள்ளன. 15 கிராம் நீராவியை அதனுள் செலுத்த அதன் வெப்பநிலை 40°C ஆக உயருகிறது கலோரி மீட்டரில் ஆரம்பத்தில் இருந்த நீர் எவ்வளவு?

(36) பனிநிலை, ஒப்பு ஈரப்பதன் ஆகியவற்றை விளக்கு. ஒப்பு ஈரப்பதன் எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது?

காற்றின் வெப்பநிலை 29·2°C ஆகவும், பனிநிலை 21·3°C ஆகவும் உள்ளபோது ஒப்பு ஈரப்பதன் என்ன? தேவையான விவரங்களை அட்டவணைகளிலிருந்து எடுத்துக்கொள்.

(37) ஈர, உலர் ஈர அளவி ஒன்று காட்டும் அளவுகள் முறையே 24°C 32°C ஆனால் வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதனைக் கணக்கிடு. 32°C-ல் க்ளேஷர் காரணி 1·63. மற்ற விவரங்களை அட்டவணையிலிருந்து எடுத்துக்கொள்.

(38) வெப்பம் பரவும் மூவகைகளையும் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்கு.

டேவியின் காப்பு விளக்கு, தெர்மாஸ் குடுவை ஆகியவற்றை விவரித்து அவற்றின் தத்துவத்தையும் விளக்குக.

(39) வெப்பம் கடத்தும் திறன் கெழுவினை வரையறு.

ஒரு சதுரமீட்டர் பரப்பளவும் 2 செ. மீ. கனமும் உடைய ஒரு உலோகத் தகடு ஒரு பக்கத்தில் உருகும் பனிக்கட்டியையும் மறுபுறத்தில் 100°C-ல் கொதிக்கும் நீரையும் தொட்டுக்கொண்டுள்ளது. உலோகத்தின் வெப்பம் கடத்தும் திறன் 0·14 ஆனால் 1 மணி நேரத்தில் எவ்வளவு பனிக்கட்டி உருகும்?

(40) இன்ஜென் ஹாஸ் சோதனையில் இரும்புக் கம்பியின் மீது 3·4 அங்குல நீளத்திற்கும் செப்புக் கம்பியின்மீது 8·4 அங்குலத்திற்கும் மெழுகு உருகினால் இவற்றின் வெப்ப கடத்தும் திறன்களை ஒப்பிடு. செம்பின் கடத்தும் திறன் 0·92 ஆனால் மற்றதனைக் கண்டுபிடி.

(41) வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பினை விளக்கு.

ஒரு ஈயத் துண்டானது 7 அடி உயரத்திலிருந்து விழும் 30 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு சம்மட்டியால் திடீரென அடிக்கப்பட்டு, 4 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் உள்ள 52கிராம் நீரில் போடப்பட்ட, நீரின் வெப்பநிலை 1.2°C உயருகிறது. வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பினைக் கண்டுபிடி.

(42) ஒரு நீர் வீழ்ச்சியில் 250 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து நீர் கொட்டுகிறது. வீழ்ச்சியின் ஆற்றல் முழுவதும் வெப்பமாக

மாறினால் அதன் அடிப்புறம் உச்சியைவிட எவ்வளவு வெப்ப நிலை உயர்ந்து காணப்படும்?

(43) ஒரு கிலோகிராம் பொருண்மை உடைய ஒரு இரும்புப் பந்து ½ கிலோமீட்டர்/விநாடி வேகத்தில் சென்று கொண்டுள்ளது. இதனைத் திடீரென தடுத்து நிறுத்தினால் அதன் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயரும்? இரும்பின் வெப்ப எண் =0·11.

(44) 500 வாட் மின் அடுப்பு ஒன்று ஒரு கிலோகிராம் நீரை 29°C–லிருந்து 50°C-க்கு 3 நிமிடங்களில் உயர்த்துகிறது. J-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடி.

6. ஒளி

(Light)

ஒளிகசியும் பொருட்கள்

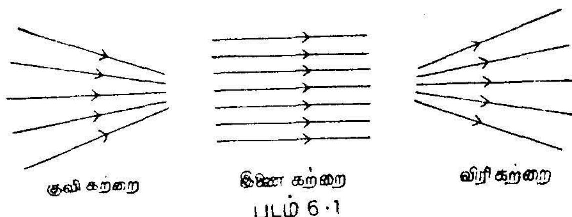
ஒளியும் ஒரு வகை ஆற்றலேயாகும். இதைப்பற்றிய ஆராய்வு பௌதிகத்தின் இன்றியமையாத பிரிவாகும். ஏனெனில், நாம் நம்மைச் சுற்றியுள்ள பொருள்களை ஒளியாலேயே உணர்கிறோம்; எண்ணற்கரிய தொலைவிலுள்ள உடுக்களையும் அவை வெளிவிடும் ஒளியாலேயே தெரிந்து கொள்கிறோம். காணற்கரிய சிறு அணுக்களின் அமைப்பையும், பண்புகளையும் அவை உமிழும்; ஒளியாலேயே அறிந்துகொள்ள முடிகிறது. இந்த ஒளியை நமக்கு வழங்குவது பகலவனே. இதுவும் ஏனைய விளக்குகளும் தாமே ஒளிவிடுகின்றன. இவை தன்னொளிப் பொருட்கள் (Self-luminous bodies) எனப்பெறும். திங்களும் ஏனையப் பொருட்களும் தம்மீதுபடும் ஒளிக்கதிர்களைத் திருப்ப மடைவதால் ஒளிமிக்கனவாகத் தோன்றுகின்றன. இவை ஒளிராப் பொருள்கள் (non-luminous bodies) பொருள்களின்மீது ஒளிபடும்போது கண்ணாடி போன்ற பொருள்கள் பெரும்பகுதி ஒளியினை ஊடுருவிச் செல்ல விடுகின்றன. இவை ஒளிபுகும் பொருட்கள் (Transparent) எனப்பெறும். மரக்கட்டை, இரும்புத் துண்டு போன்றவை ஒளியைத் தம்முள் செல்ல விடாது தடுத்துவிடும். இவை ஒளிபுகாப் பொருட்கள் (Opaque) எனப்படும். தேய்த்த கண்ணாடிபோன்ற பொருட்கள் தம்மீதுபடும் ஒளியில் ஒருபகுதியை ஊடுருவிச் செல்லவிடும். இவை ஒளிகசியும் பொருட்கள் (Transluscent) எனப்பெறும்.

ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செலவு

ஒளி ஒரு ஒளிபுகாப் பொருளின்மீது படும்போது அதன் விளிம்புகளின் வழியாக வளைந்து செல்வதில்லை என்பது நமக்

குத் தெரியும். அலர் கதிரைக் கைக்குடை காத்தலும் இதனுலேயன்றே! ஆனால், ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொன்றிற்கு ஒளி செல்லும்போது வளையக் காண்கிறோம். நீரில் பாதி அமிழ்ந்த ஒரு கோல் ஒடிந்தாற்போல் காணப்பெறுவது இதனால்தானே? எனவே, ஒருபடித்தான (homogeneous) ஒரு ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டிலேயே செல்கிறது என நாம் கருதலாம். இதற்கு ஒளியின் நேர்கோட்டுச்செலவு என்று பெயர்.

எந்த ஒரு ஊடகத்திலும் ஒளி செல்லும் நேர்கோட்டுப் பாதை ஒரு ஒளிக்கதிர் (Ray of light) எனப்படும். பல ஒளிக்கதிர்கள் சேர்ந்து ஒரு ஒளிக்கற்றையை (Beam of light) உருவாக்குகின்றன.



படம் 6·1

ஒரு ஒளிக்கற்றையின் கதிர்கள் யாவும் ஒரு புள்ளியில் குவியுமாப் போலிருந்தால் அது குவிகற்றை (Convergent beam) எனவும், ஒன்றுக்கு ஒன்று இணையாக இருந்தால் இணை கற்றை (Parallel beam) எனவும், ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிந்து வருமாப் போலே தோன்றினால் விரிக்கற்றை (Divergent beam) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

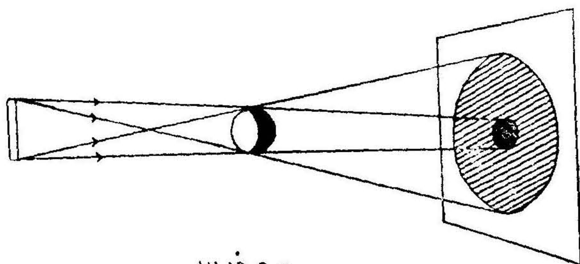
ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செலவை கீழ்க்கண்டவற்றிலிருந்து எளிதாகக் காண்பிக்கலாம்.

மேசையின்மீது செங்குத்தாக வைக்கக்கூடிய மூன்று அட்டைகளில் மேசையிலிருந்து சம உயரத்தில் சிறு துளைகள் இட்டு, அத்துளைகள் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு அமைத்து, கடைசி அட்டையில் பின்னே ஒரு மெழுகுவத்தியை எரியவிட்டு முன் அட்டையின் துளை வழிப்பார்க்க வத்தி தெரியும். ஆனால், முன்றில் ஏதேனுமொரு அட்டையைச் சிறிது நகர்த்தினால் வத்தியின் ஒளி தெரியாது. ஒளி வளைந்து வரக்கூடியதாக இருந்தால் அட்டையை நகர்த்திய பின்னும் வந்திருக்க வேண்டுமல்லவா? எனவே, ஒளி நேர்கோட்டில் செல்கிறது எனக் கொள்ளலாம்.

நிழல்கள்

மேலும், ஒளிபுகாப் பொருள் ஒன்று ஒளியின் பாதையில் குறுக்கிட்டால் நிழல் விழுகிறது. நிழலின் வடிவம் பொருளைப் போன்றே இருக்கிறது. ஒளித் தோற்றுவாயிலிருந்து பொருளின் விளிம்பின் வெளிப்புறமான புள்ளிகளின் வழியே நேர் கோடுகளை வரைவதனால் நிழலின் உருவத்தையும் அளவையும் காணமுடியும். இதுவும் ஒளி நேர்கோட்டிலேயே செல்கிறது என்பதனை மெய்ப்பிக்கிறது.

ஒளித் தோற்றுவாய் மிகச்சிறிதாக இருக்குமானால் நிழல் முழுவதும் கருமையாக இருக்கும். ஆனால், ஒளித் தோற்றுவாய் நீண்டிருக்குமானால் நிழல் முழுவதும் கருமையாக இருக்காது.



படம் 6·2

தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் எல்லாக் கதிர்களையும் பொருள் தடைசெய்வதில்லை. இதனால் நிழலின் உட்பகுதி அதிகக் கருமையாகவும், அதனைச் சுற்றி உள்ள வெளிப்பகுதி வெளிறிய கருமையாகவும் இருக்கும்: அதிகக் கருமையான உட்பகுதி அகநிழல் (Umbra) எனவும், வெளிப்பகுதி புறநிழல் எனவும் அழைக்கப்பெறும் இதனைப் படம் 6·2 விளக்குகிறது.

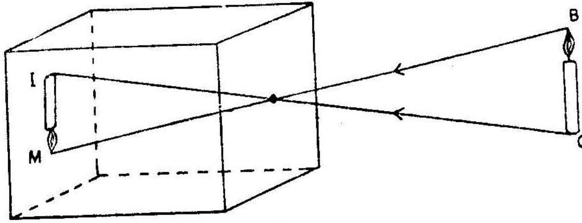
சூரிய, சந்திர மறைவுகள் (eclipses) தோன்றுவதும் இதனால்தான். பூமி தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்வதோடல்லாமல் கதிரவனையும் சுற்றிவருகிறது என்பதனையும், பூமியைச் சந்திரன்சுற்றிவருகிறது என்பதனையும் அறிவோம். சூரியஒளி பூமி அல்லது சந்திரன்மீது படும்போது அவற்றின் நிழல்கள் கூம்பு வடிவத்தில் இருக்கும். பூமிசந்திரனுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையில் வரும்போது பூமியின் கூம்புவடிவு நிழல் பகுதிக்குள் நுழையும். அகநிழல் பகுதியில் நுழைந்தால் பூமியிலுள்ள நமக்குச் சந்திரன் சற்றும் தெரியாது. இதனை முழுச் சந்திரமறைவு (Total lunar eclipse) என்கிறோம். சந்திரன் பூமியின் புறநிழல் பகுதி

யில் வந்தால் ஏற்படுவது அரைகுறை சந்திரமறைவு (partial lunar eclipse) சந்திரமறைவு முழு நிலா நாட்களிலேயே தோன்றும்

சந்திரன், பூமிக்கும், சூரியனுக்கும் நடுவில் வரும்போது சந்திரனின் நிழல் பூமியின்மீது படும். ஆனால், சந்திரன் சிறியதாக இருப்பதால் இதன் நிழல்படும் பகுதியும் சிறிதாகவே இருக்கும். இச்சிறு பகுதியில் வாழ்வோருக்கே சூரியன் தெரியாது மறைந்துவிடும். இதனை முழு சூரிய மறைவு (total solar eclipse) என்கிறோம். சந்திரனின் புறநிழல் பகுதியில் உள்ளோர்க்கு அரைகுறை சூரிய மறைவுதான் (partial solar eclipse) தெரியும். சில நேரத்தில் சந்திரனின் அகநிழல் பூமியை எட்டாது போய்விடலாம். அப்போது, அகநிழல் மேலும் நீட்டிய பகுதியில் உள்ளோர்க்கு சூரியனின் வெளிவட்டம் மட்டும் தெரியும். இதனை வளைய மறைவு (annular eclipse) என்போம்.

ஊசித்துளை ஒளிப்படக்கருவி (Pinhole camera)

இது ஒரு செவ்வக மரப்பெட்டியால் ஆனது; இதன் முன் பக்கத்தின் மையத்தில் ஒரு ஊசித்துளை உள்ளது; பின்புறம் ஒரு கண்ணாடித் திரையினை உடையது. இதன் முன்னே ஒரு பொருளை வைத்தால் அதன் தலைகீழ் பிம்பம் பின்புறத்திரையில்



படம் 6·3

விழும். பொருளின் மீதுள்ள O எனும் புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் ஒரு ஒளிக்கதிர் ஊசித்துளை வழியே நேர்கோட்டில் சென்று திரையில் I எனும் புள்ளியை அடைகிறது; B லிருந்து புறப்படும் கதிர் M ஐ அடைகிறது. இவ்வாறே பொருளின் மீதுள்ள வெவ்வேறு புள்ளிகளிலிருந்தும் புறப்படும் கதிர்கள் திரையின்மீது வெவ்வேறு புள்ளிகளை அடைந்து, அவை யாவும் சேர்ந்து பிம்பத்தை உருவாக்குகின்றன. துளை சிறிதாக இல்லாவிடில் ஒரே பொருளுக்குப் பல பிம்பங்கள் உண்

டாகி, அவை ஒன்றன்மீது ஒன்ருகப் படிந்து, கலங்கலுற்று, பிம்பம் தெளிவாகத் தோன்ருது.

$$\frac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}} = \frac{\text{துளையிலிருந்து பிம்பத்தின் தூரம்}}{\text{துளையிலிருந்து பொருளின் தூரம்}}$$

என எளிதாகக் காட்டலாம். கண்ணுடித் திரைக்குப் பதில் ஒளிப்படத்தகட்டினை (photographic plate) அல்லது படச் சுருளினை (film) வைத்து இயற்கைக் காட்சிகளைப் படம் பிடிக்கலாம்.

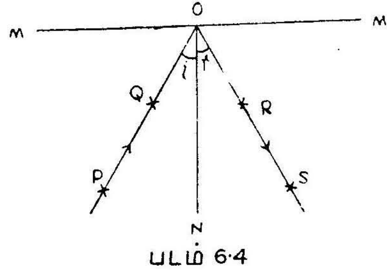
சமதளப் பரப்புகளில் ஒளித்திருப்பம்

ஒழுங்கான ஒளித் திருப்பம் (Regular reflection)

ஏதேனும் ஒரு ஊடகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒளி வேறொரு ஊடகத்தின்மீது பட்டால் அதில் ஒரு பகுதி முதல் ஊடகத்திற்கே திரும்ப வரும். மறுபகுதி இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஊடு செல்லும். இவ்வாறு ஒரு ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளி வேறு மேற்பரப்புகளின்மீது படும்போது அதே ஊடகத்திற்குத் திருப்பமடைதலே ஒளித்திருப்பம் (Reflection) எனப்படும். மேற்புறம் வழவழப்பாக இல்லாமல் ஒழுங்கற்று இருக்குமானுல் அதன்மீது படும் ஒளி நாலா புறங்களிலும் திருப்பமடைந்து செல்லும். இவ்வாறு ஏற்படும் ஒளித்திருப்பம்பரவிவிரவும் திருப்பம் (diffused reflection) அல்லது ஒளிச் சிதறல் (Scattering) எனப்படும். அவ்வாறின்றி மேற்புறம் நன்கு மெருகிடப்பட்டிருந்தால் சில விதிகளை ஒட்டி ஒளித்திருப்பம் நிகழும். இப்போது இது சமதளமாக இருந்தால் இதன் மீதுபடும் ஒரு இணைகற்றை, இணைகற்றையாகவே திருப்பமடைந்து வரும். இது ஒழுங்கான ஒளித்திருப்பம் (Regular reflection) எனப்படும். நாம் இதுபற்றியே பார்ப்போம்.

நன்ருக மெருகிடப்பெற்ற, ஒழுங்கான ஒளித்திருப்பத்தை உண்டு பண்ணக்கூடிய ஒரு மேற்பரப்பு ஆடி (Mirror) எனப்படும். இம்மேற்பரப்பு, சமதளமாக இருந்தால் இது சமதள ஆடி (Plane mirror) எனப்படும். MM_1 என்பது இத்தகைய ஒரு சமதள ஆடியாக இருக்கட்டும். (படம் 6·4) P எனுமிடத்திலிருந்து வரும் ஒரு ஒளிக்கதிர் இதன்மீது O-ல் பட்டு, திருப்பமடைந்து, OS வழியில் செல்வதாகக்கொள்வோம். இப்போது ஆடியின்மீது வந்து படுகின்ற கதிர் (PO) படுகதிர் (incident ray) எனவும், ஆடியிலிருந்து திருப்பமடைந்து வரும் கதிர் (OS) திரும்பு கதிர் (Reflected ray) எனவும், படுநிலையில் (Point of

incidence) ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பிற்கு வரையப்படும். நேர் குத்துக் கோட்டிற்கும் (ON) படுகதிருக்கும் இடையே உள்ள



படம் 6·4

கோணம் படுகோணம் (Angle of incidence) எனவும், நேர் குத்துக் கோட்டிற்கும், திரும்பு கதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணம் திருப்பக் கோணம் (Angle of reflection) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

ஒளிதிருப்ப விதிகள்

ஒழுங்கான ஒளித்திருப்பம் இரு விதிகளை ஒட்டி ஒழுகும். அவையாவன :

(1) படுகதிர் திரும்புகதிர், ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பிற்கு படுநிலையில் வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் இருக்கும்.

(2) படுகோணமும், திரும்பு கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

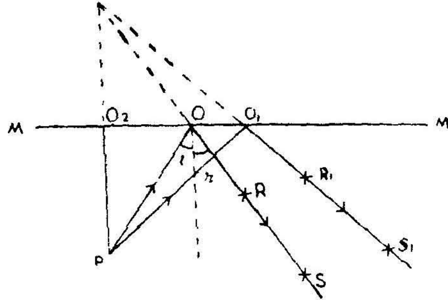
இவ்விதிகளைப் பின்கண்டவாறு சரிபார்க்கலாம்.

சோதனை 6·1

ஒளித்திருப்ப விதிகளைச் சரிபார்த்தல்

கிடையாக வைக்கப்பட்ட ஒரு வரைபலகையின் (Drawing board) மீது ஒரு காகிதத்தைப் பொருத்தி, அதன்மீது MM_1 என்ற ஒரு நேர்கோட்டினை வரைய வேண்டும். செங்குத்தாக நிறுத்தக்கூடிய வகையில் ஒரு கட்டையில் பொருத்தப்பெற்ற ஒரு சமதள ஆடியினை, அதன் ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பு (முன் புறம் ரசம் பூசப்பெற்றதானால் முன்புறமும், பின்புறமும் பூசப்

பெற்றதானால் பின்புறம் ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்புகளாகும்) MM_1 மீது இருக்கும்படி வைத்துவிட்டு அதன் முன்னர் ஒரு



படம் 6·5

குண்டூசியினை (P) செங்குத்தாகக் குத்தவேண்டும். P-லிருந்து எண்ணற்ற ஒளிக்கதிர்கள் புறப்பட்டு வருமாதலான், அவற்றுள் ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வான் வேண்டி P-லிருந்து ஏறத்தாழ 5 செ.மீ. தூரத்தில் Q எனும் மற்றொரு குண்டூசியினைக் குத்தவேண்டும். இப்போது PQ வழியே வந்து ஆடியின்மீது படுவது படுகதிர் ஆகும்.

ஆடியின் ஊடு பார்த்தால் இவ்விரு ஊசிகளின் பிம்பங்கள் தெரியும். அவை இரண்டும் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்கும் நிலையில் கண்ணை வைத்துக்கொண்டு R,S எனும் வேறிரு குண்டூசிகளை, P,Q-வின் பிம்பங்களும், R,S-உம் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு பொருத்தவேண்டும். இப்போது RS என்பது PQ-ன் திரும்புகதிர் என்பது தெளிவு.

ஒரே அளவுடைய குண்டூசிகளைப் பயன்படுத்தி இருந்தால் கண்ணை S,R ஆகியவற்றின் தலைகளின் மட்டத்தில் வைத்துக் கொண்டு பார்த்தால் P,Q-வின் பிம்பங்களின் தலைகளும் இதே நேர்கோட்டில் இருக்கக் காணலாம். எனவே, P,Q-களின் தலைகள் வழியே வரும் படுகதிர், R,S-களின் தலைகள் வழியே திருப்பமடைந்து செல்கிறது என்பதும், ஊசிகளின் உயரங்கள் ஒன்றானதால் இந்தப் படுகதிரும், திரும்பு கதிரும் இடைத்தி லிருந்து குண்டூசியின் உயரத்திலுள்ள ஒரு இணையான தளத்தில் இருக்கின்றன என்பதும் தெரிகிறது. படுநிலை இதே தளத்தில்தான் இருக்க வேண்டும். எனவே, செங்குத்தாக உள்ள ஒளிதிருப்பும் மேற்பரப்பிற்கு இப்படுநிலையில் வரையும் நேர் குத்துக்கோடும் இதே தளத்தில் இருக்கவேண்டும். எனவே,

படுகதிர். திரும்புகதிர், ஒளி திரும்பும் மேற்பரப்பிற்கு படுநிலையில் வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் உள்ளன. இது முதல் விதி.

இப்போது, குண்டூசிகளையும், ஆடியையும் நீக்கிவிட்டு ஊசிக்குத்துகள் P,Q-களையும், R,S-களையும் சேர்த்து நீட்ட அவை MM_1-ன்மீது O என்ற ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும். O-ல் MM_1-க்கு ON என்ற நேர்குத்துக் கோட்டை வரைந்தால் $\angle PON$ என்பது படுகோணமும் $\angle SON$ என்பது திருப்பக் கோணமும் ஆகும். இவற்றை அளக்க, இவை சமமாக இருக்கக் காணலாம். இது இரண்டாம் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

படுகோணங்கள் வெவ்வேறாக இருக்கும்படி ஊசிகளை அமைத்து சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்யலாம். எடுக்கப் பெறும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

எண்	படுகோணம் i	திருப்பக் கோணம் r

பிம்பம்

ஒரு ஆடியின் முன் வைக்கப்படும் புள்ளி அளவான ஒரு பொருளிலிருந்து எண்ணற்றக் கதிர்கள் புறப்படுகின்றன. இவை யாவும் ஓர் ஆடியின்மீது பட்டுத் திருப்பமடைந்தபின் ஓர் புள்ளியில் சந்திக்குமானால், அதுவே அப்புள்ளியின் பிம்பமாகும். இந்த பிம்பம் மெய் பிம்பமாகும் (Real imag). இவ்வாறன்றி திருப்பமடைந்த கதிர்கள் விரிந்து செல்லுமானால் அவை ஒரு புள்ளியில் சந்திக்காது ; மெய் பிம்பம் தோன்றாது. ஆனால் அவற்றைப் பின்புறம் நீட்ட ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும். அதா

வது, திரும்புகதிர்கள் யாவும் இப்புள்ளியிலிருந்து விரிந்து வருவன போன்று தோன்றும். எனவே, இதுவே பிம்பமாகும். இது மாய பிம்பம் (Virtual image). மெய்பிம்பம் உண்மையில் ஓரிடத்தில் கதிர்கள் சந்திப்பதால் உண்டாவதால், அதனை ஒரு திரையில் பிடிக்கலாம். ஆனால் மாயபிம்பத்தை உண்டாக்கும் கதிர்கள் ஓர் புள்ளியில் உண்மையில் சந்திப்பதில்லை. எனவே, மாயபிம்பத்தை திரையில் வீழ்த்த முடியாது.

அளவில் பெரிதான பொருளானால் அதன் ஒவ்வொரு புள்ளியினுடைய பிம்பத்தையும் கண்டு அவற்றைத் தொகுத்துப் பார்த்தால் முழு பிம்பமும் கிட்டும்.

சமதள ஆடியில் ஏற்படும் பிம்பம்

(அ) புள்ளி அளவான பொருள்.

MM_1 எனும் ஆடியின் முன் P எனும் ஒரு புள்ளி அளவான பொருள் உள்ளதாகக்கொள்வோம். இதிலிருந்து புறப்பட்ட ஆடியின்மீது O_1 எனும் புள்ளியில் படும் ஒரு கதிரை எடுத்துக் கொள்வோம். O_1-ல் ஆடிக்கு வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடு O_1N_1 ஆனால் $\underline{|PO_1N_1}\ (=i)$ என்பது படுகோணம். திருப்பக் கோணம் (r) இதற்குச் சமமானது என்பதை நினைவில் கொண்டு N_1O_1-லிருந்து r கோணம் சாய்ந்த O_1S என்ற கோட்டை வரைந்தால் இது திரும்பு கதிரைக் குறிக்கும். இதேபோல் P–லிருந்து புறப்படும் PO_2 என்ற படுகதிருக்கான திரும்புகதிர் R_1S_1–ஐ அமைக்கலாம். இவ்விரு திரும்பு கதிர்களையும் பின் புறம் நீட்ட அவை I–ல் சந்தித்தால் I தான் O–வின் பிம்பம்.

IP–ஐ சேர்க்க அது MM_1–ஐ O_2-ல் வெட்டட்டும்.

$$\underline{|O_2OP} = 90-i$$

$$\underline{|O_2OI} = \underline{|SOM_1}$$ (குத்தெதிர் கோணங்கள்)

அல்லது, $\underline{|O_2OI} = 90-r$

அல்லது, $\underline{|O_2OI} = 90-i$ ($i=r$ ஆனதால்),

எனவே. $\underline{|O_2OP} = \underline{|O_1OI} \longrightarrow (1).$

எனவே, $\underline{|O_1OP} = \underline{|O_1OI} \longrightarrow (2).$

இதேபோன்று $\angle OO_1P = \angle OO_2I$ எனக் காட்டலாம்.

எனவே, POO_1, IOO_1 என்ற முக்கோணங்களில்

$$\angle OO_1P = \angle OO_1I$$

$$\angle O_1OP = \angle O_1OI$$

OO_1 எனும் பக்கம் பொது.

எனவே, இவை முற்றொத்த முக்கோணங்கள். எனவே,

$$PO = OI \longrightarrow (3).$$

POO_2, IOO_2 என்ற முக்கோணங்களில்

$$\angle O_2OP = \angle O_2OI.$$

OO_2 பக்கம் பொது.

$PO = OI$ (இப்போது காண்பித்தது)

எனவே, இவை முற்றொத்த முக்கோணங்கள். எனவே, $PO_2 = O_2I$, $\angle PO_2O = \angle IO_2O = 90°$ (PI ஒரு நேர் கோடானதால்).

எனவே, பொருளானது ஆடியின் முன்னால் எவ்வளவு நேர் குத்துத் தூரத்தில் உள்ளதோ அதே அளவு ஆடியின் பின்னால் அதே நேர்குத்துக் கோட்டில் பிம்பம் அமையும்.

இதனைப் பின் கண்டவாறு சோதனை வாயிலாகச் சரிபார்க்கலாம்.

சோதனை 6·2

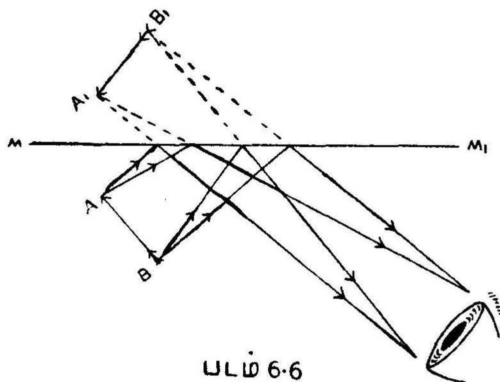
பிம்பத்தின் இடம் காணல்

கிடையான ஒரு வரை பலகையின்மீது காகிதத்தைப் பொருத்தி அதன்மீது வரைந்த MM_1 என்ற நேர்கோட்டின்மீது ஒரு ஆடியின் ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பு செங்குத்தாக இருக்குமாறு அமைத்துக்கொண்டு, இதன் முன்னால் P என்ற ஒரு குண்டூசியைக் குத்த வேண்டும். இப்போது ஆடியின் ஊடு பார்த்துக்கொண்டு P-ன் பிம்பமும் R,S என்ற வேறிரு ஊசிகளும் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு குத்தவேண்டும். இதேபோல் R_1S_1 என்றவற்றையும் குத்தியபின், குண்டூசிகளையும் ஆடியையும் நீக்கிவிட்டு, ஊசிக்குத்துகள் S,R மற்றும் S_1,R_1 ஆகியவற்றைச் சேர்த்து நீட்ட அவை MM_1-க்குப் பின்

னுல் I என்ற புள்ளியில் சந்திக்கும். PI-ஐச் சேர்த்து, இது MM_1–ஐ சந்திக்கும் இடம் O_2–ஐக் காணவேண்டும். இப்போது PO_2, IO_2 ஆகிய தூரங்களையும் $\underline{|PO_2}M_1$ என்ற கோணத்தையும் அளந்து பார்த்தால் இரு தூரங்களும் சமமாகவும் இக்கோணம் 90° ஆகவும் இருக்கக் காணலாம். எனவே, பொருள் ஆடிக்கு முன்னுல் எவ்வளவு நேர்குத்துத் தூரத்தில் உள்ளதோ அதே அளவு ஆடியின் பின்னுல் அதே நேர்குத்துக் கோட்டில் பிம்பம் உள்ளது.

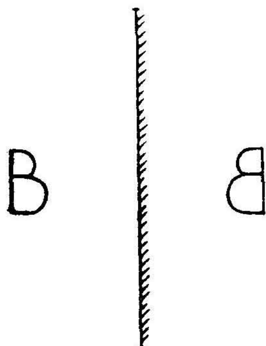
(ஆ) நீட்சியுடைய பொருள்களின் பிம்பம்

ஒரு பொருள் ஆடியின் முன்னுல் இருந்தால் முன்போல் பொருளின்மீதுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியின் பிம்பத்தையும்



படம் 6·6

கண்டு அவற்றைச் சேர்த்துப்பார்க்க பிம்பம் உண்டாகிறது. இதனை படம் (6·6) விளக்குகிறது. இவ்வாறு உண்டாகும் பிம்பம் ஓர் இடவல மாற்றம் அடைந்திருக்கும். இது படம் 6·7–ல் நன்கு தெரியும்.



படம் 6·7

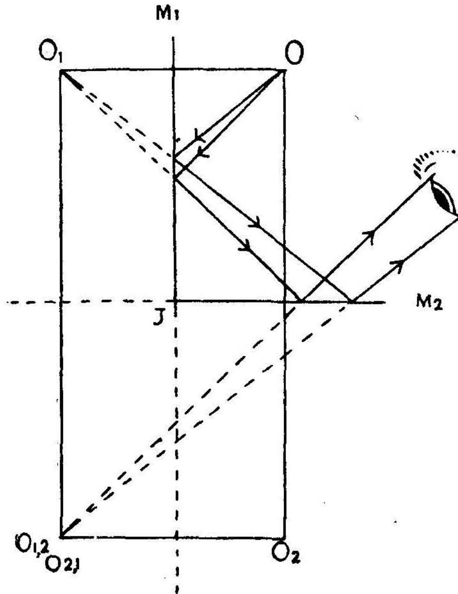
ஒரு சமதள ஆடியில் உண்டாகும் பிம்பம் பொருளின் அளவே இருக்கும். பொருள் ஆடிக்கு முன்னுல் எவ்வளவு நேர்குத்துத் தூரத்தில் உள்ளதோ அதே அளவு நேர்குத்துத் தூரம் பின்னுல் பிம்பம் இருக்கும்; பொருள் இடவலமாற்றம் அடைந்து காணப்படும். சமதள ஆடி ஒரு மாய பிம்பத்தைத் தான் உருவாக்கும்.

பன்முறைத் திருப்பம் (Maltiple reflection)

இரு ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாக வைக்கப்பெற்று அவற்றின் முன்னே ஒரு பொருளிருந்தால், அதிலிருந்து புறப் படும் கதிர்கள் ஒரு ஆடியில் முதலில் திருப்பமடைந்தபின் மறு ஆடியில் பட்டு திருப்பமடைந்து, மீண்டும், மீண்டும் திருப்ப மடையலாம். இதனால் பல பிம்பங்கள் தோன்ற வாய்ப்புண்டு. அவ்வாறு ஆடிகளை வைத்து பல பிம்பங்களை உண்டாக்குவதில் இரண்டினை மட்டும் பார்ப்போம்.

செங்குத்து ஆடிகள்

M_1, M_2 என்ற ஒரு சமதள ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று நேர் குத்தாக வைக்கப்பட்டு அவற்றின் முன்னே O என்ற பொருள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். O ஆனது M_1-க்கு முன் உள்ள தால் M_1-ஆல் ஒரு பிம்பம் O_1 உண்டாகும். இது O ஆனது



படம் 6·8

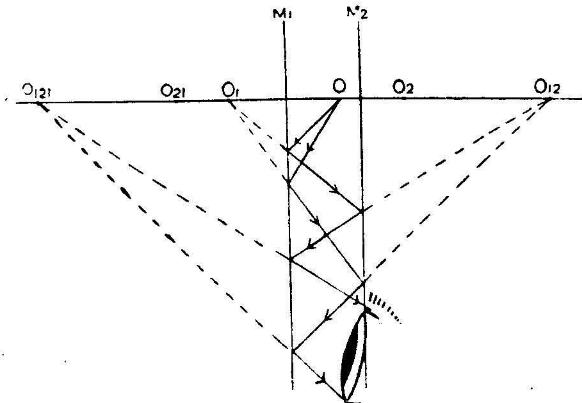
M_1-க்கு முன்னால் எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளதோ அதே அளவு M_1-க்குப் பின்னால் நேர்குத்துக் கோட்டில் இருக்கும். இவ்வாறே O ஆனது M_2-க்கு முன்னாலும் உள்ளதால் M_2 ஆல்

O_2 என்ற பிம்பம் உண்டாகும். இப்போது O_1 ஆனது M_2–ஐ நீட்டியதற்கு முன்னுளதால் O_1 2 என்ற பிம்பம் உண்டாகும். அஃதேபோன்று O_2 ஆனது M_1–ஐ நீட்டியதற்கு முன் உள்ளதால் O_2, 1 என்ற பிம்பம் உண்டாகும். ஆனால் O_1, 2–உம் O_2, 1–உம் ஒரே இடத்தில் இருக்கும் என நாம் எளிதில் காட்டலாம். எனவே, அவை இணைந்து ஒரு பிம்பம்தான் உண்டாகும். எனவே, மொத்தத்தில் 3 பிம்பங்கள் கிடைக்கின்றன. கண் எவ்வாறு இறுதி பிம்பத்தைப் பார்க்கிறது என்பதனைப் படம் 6·8 விளக்குகின்றது. இரு ஆடிகளும் சந்திக்கும் இடம் J ஆனால் பொருளும் அதன் மூன்று பிம்பங்களும் J–ஐ மையமாகவும், JO–ஐ ஆரமாகவும் உடைய ஒரு வட்டத்தின்மீது அமையக் காணலாம்.

இரு ஆடிகளும் 90°–க்குப் பதில் 60° சாய்வாக இருந்தால் 5 பிம்பங்கள் தோன்றும். பொதுவாக $\theta°$ சாய்ந்திருந்தால் $\frac{360}{\theta} - 1$ பிம்பங்கள் தோன்றும்.

இணை ஆடிகள்

மேலே கண்ட வாய்பாட்டின்படி, இரு ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும்போது அவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் $O°$ ஆனதால் $\frac{360}{O} - 1 = \infty$, எண்



படம் 6·9

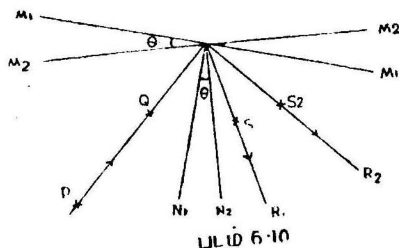
ணற்ற பிம்பங்கள் தோன்றவேண்டுமல்லவா? இது படம் 6·9–ல் காட்டப் பெற்றுள்ளது. எண்ணற்ற பிம்பங்கள்

காணப்பட வேண்டுமானலும் ஒவ்வொரு ஒளித்திருப்பத்தி லும் பிம்பங்களின் பொலிவு (Brightness) குறைந்து கொண்டே செல்லுமாதலால் நமக்குப் பல பிம்பங்கள்தான் தெரியுமே அன்றி வரம்பற்றவை அல்ல.

ஆடியின் சுழற்சி

படுகதிரின் திசை மாருதிருக்கும்போது ஆடியைச் சுழற்றினல் திரும்புகதிர் ஆடி சுழன்றதைப்போல் இரு மடங்கு கோணம் சுழலும். இதனைக் கணித முறையிலே வருவிக்கலாம்.

M_1OM_1 எனும் ஆடியின்மீது O–ல் படுகின்ற PO என்ற கதிரை எடுத்துக்கொள்வோம். ON_1 என்பது ஆடிக்கு O–ல்



படம் 6·10

வரையப்பட்ட நேர்குத்துக் கோடானல் $\angle PON_1$ என்பது படு கோணம். இப்போது, OR_1 என்பது திரும்பு கதிரானல் $\angle N_1OR_1$ திருப்பக்கோணம்.

எனவே, $\angle P_1ON_1 = \angle N_1OR_1$

எனவே, $\angle POR_1 = 2\times \angle PON_1 \longrightarrow (1)$

இப்போது ஆடி θ கோணம் சுழன்று M_2OM_2 என்ற நிலைக்கு வரட்டும். இதனல் படுநிலையில் உள்ள நேர்குத்துக் கோடும் θ கோணம் திரும்பி ON_2 என்ற நிலைக்கு வரும். எனவே, $\angle N_1ON_2 = \theta$. இப்போது, படுகதிரின் திசை மாருதிருந்தா லும் புதிய படுகோணம் $\angle PON_2 = \angle PON_1 + \angle N_1ON_2$

அல்லது, $\angle PON_2 = \angle PON_1 + \theta$

எனவே, திரும்புகதிர் பழைய பாதையில் செல்லாது, ON–வுக்கு

$\underline{|PON_1} + \theta$ கோணம் சாய்ந்து OR_2 என்ற பாதையில் செல்லும். எனவே,

$$\underline{|PON_2} = \underline{|N_2OR_2} = \underline{|PON_1} + \theta$$

அல்லது, $\underline{|POR_2} = 2\times \underline{|PON_2} = 2\,[\,\underline{|PON_1} + \theta\,]$

அல்லது, $\underline{|POR_2} = 2\times \underline{|PON_1} + 2\times\theta$

அல்லது, $\underline{|POR_2} = \underline{|POR_1} + 2\cdot\theta$ [1-லிருந்து]

அல்லது, $\underline{|POR_2} - \underline{|POR_1} = 2\theta$

அல்லது, $\underline{|R_1OR_2} = 2\theta.$

R_1OR_2 ஆனது திரும்புகதிர் சுழன்ற கோணமாதலான், படு கதிரின் திசைமாறுதிருக்கும்போது, ஆடி θ கோணம் சுழன்றால் திரும்பு கதிர் 2θ கோணம் சுழலுகின்றது.

இதேபோன்று, திரும்பு கதிரின் திசை மாறுதிருக்கும் போது ஆடி θ கோணம் சுழன்றால், படுகதிர் 2θ கோணம் சுழலும் எனக் காட்டலாம்.

சோதனை 6·3

ஆடி சுழலும்போது திரும்பு கதிர் சுழல்வதைக் காணல்.

மேலே கண்ட உண்மையினைக் கீழ்க்கண்டவாறு சோதனை செய்து சரிபார்க்கலாம்.

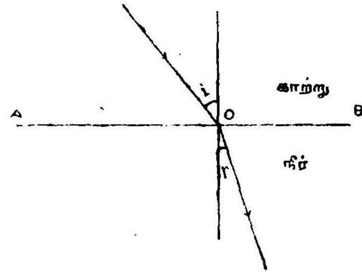
கிடையாக வைக்கப்பட்ட ஒரு வரை பலகையின்மீது M_1OM_1, M_2MO_2 என்ற இரு நேர்கோடுகளை ஒன்றுக்கொன்று $10°$ சாய்வாக இருக்கும்படி வரைந்துகொண்டு, M_1OM_1 கோட்டின்மீது ஒரு ஆடியின் ஒளிதிருப்பும் மேற்பரப்பை செங்குத்தாக வைக்க வேண்டும். ஆடியின் முன்னால் P,Q என்ற இரு குண்டூசிகளைக் குத்திவிட்டு இவற்றை ஆடியின் ஊடே பார்த்துக்கொண்டு இவற்றின் பிம்பங்களோடு ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு R_1, S_1 என்ற இருவேறு குண்டூசிகளைக் குத்தவேண்டும். இவ்வூசிக் குத்துகளை குறித்துக் கொண்ட பின், ஆடியை M_2OM_2 என்ற கோட்டின்மீது வைத்து மீண்டும் ஆடியின் வழியே பார்க்கும்போது P, Q ஆகியவற்றின்

பிம்பங்களோடு நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு R_2, S_2 என்ற ஊசிகளைக் குத்தவேண்டும். இப்போது ஆடியையும் தூண்டூசிகளையும் எடுத்துவிட்டு, ஊசிக்குத்துக்கள் P, Q மற்றும் R_1, S_1 மற்றும் R_2, S_2 ஆகியவற்றைச் சேர்த்து நீட்ட, அவை O-ல் சந்திக்கு. ம் $\lfloor R_1OR_2$ கோணத்தை அளந்தால் அது 20° இருக்கக் காணலாம். இவ்வாறே $\lfloor M_1OM_2 = 15^\circ, 20^\circ$ என வெவ்வேறு கோணங்கள் இருக்கும்படி வைத்துச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்யலாம்.

சமதளப் பரப்புகளில் ஒளி விலகல்

ஒருபடித்தான ஒரு ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டில் செல்லும் என்பதை நாமறிவோம். ஆனால், ஒரு ஊடகத்தில் சென்றுகொண்டுள்ள ஒரு ஒளிக்கதிர் வேறொரு ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது அதன் பாதை மாறுபடுகிறது; புதிய நேர் கோட்டுப் பாதையில் செல்கின்றது. இவ்வாறு ஒளி திசை மாறி, பாதை விலகிச் செல்வதற்கு **ஒளி விலகல்** (Refraction) எனப்பெயர்.

இரு ஊடகங்களை, காட்டாகக் காற்றையும் நீரையும் AOB என்ற மேற்பரப்பு பிரிக்கட்டும். PO என்ற காற்றில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒளிக்கதிர் பிரிக்கும் மேற்பரப்பில் O-ல் பட்டு விலகலடைந்து OR பாதையில் நீரினுள் செல்கிறது (படம் 6·11). இப்போது PO என்பது படுகதிர், OR என்பது விலகு கதிர் (Refracted ray). படுநிலையில் ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் பரப்பிற்கு ஒரு நேர்குத்துக் கோட்டினை வரைந்தால், இதற்கும் படுகதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணம் (i) படுகோணம்; இதற்கும் விலகு கதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணம் (r) விலகு கோணம்.



படம் 6·11

ஒளி அடர்த்தி குறைந்த ஒரு ஊடகத்திலிருந்து (காற்று) அடர்த்திமிக்க ஒரு ஊடகத்திற்குச் (நீர்) சென்றால் விலகுகதிர் நேர்குத்துக் கோட்டை நோக்கி விலகும். அதாவது, படு

கோணத்தைவிட விலகுகோணம் சிறியது. அடர்த்தி மிக்க ஊடகத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த ஊடகத்திற்கு ஒளி சென்றால் விலகுகதிர் நேர்குத்துக் கோட்டை விட்டு அப்பால் விலக்கிச் செல்லும். அதாவது, விலகுகோணம் படுகோணத்தை விடப் பெரியது.

ஒளி விலகலின் விதிகள்

ஒளி விலகலடையும்போது இரு விதிகளை ஒட்டியே ஒழுகுகின்றது. அவை ஒளிவிலகல் விதிகள் எனப்படும். அவை யாவன :

(1) படுகதிர் விலகுகதிர், இரு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பிற்குப் படுநிலையில் வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும்.

(2) எந்த இரு ஊடகங்களுக்கும், ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமுடைய ஒளிக்கு படுகோணத்தின் நெடுக்கைக்கும் (Sine) விலகுகோணத்தின் நெடுக்கைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு மாறிலி ஆகும்.

இரண்டாவது விதி ஸ்னெல் விதி (Snell's law) எனவும், நெடுக்கைகள் விதி எனவும் வழங்கப்படும். இவ்விதிப்படி, ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும் போது படுகோணமும், விலகு கோணமும் முறையே i, r ஆனால்,

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \text{ ஒரு மாறிலி.}$$

இந்த மாறிலியானது அந்தக் குறிப்பிட்ட நிறமுடைய ஒளிக்கு அந்த இரு ஊடகங்களுக்கு இடையே உள்ள விலகுவிகிதம் (Refractive index) எனப்படும். ஒளி 1-வது ஊடகத்திலிருந்து 2-வது ஊடகத்திற்குச் சென்றால், விலகு விகிதத்தை $_1\mu_2$ எனக் குறிப்பிடுவது வழக்கம். இவ்வாறே, காற்றிலிருந்து நீருக்குச் சென்றால் காμநீ எனவும், நீரிலிருந்து கண்ணாடிக்குச் சென்றால் நீμக எனவும் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

ஒளியானது வெற்றிடத்திலிருந்து ஒரு ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போதுள்ள விலகு விகிதம் அந்த ஊடகத்தின் தனி விலகுவிகிதம் (Absolute refractive index) எனப்படும். எனவே, கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் μg என்றால் வெற்றிடத்திலிருந்து கண்ணாடிக்கு ஒளி செல்லும்போது $\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$ ன் மதிப்பு μg எனப்

பொருள்படும். மேலும், இந்த முறையில் பார்க்கும்போது காற்றின் விலகு விகிதம் 1·00028. எனவே, நீர், கண்ணாடி போன்ற பொருள்களுக்குக் காற்றிலிருந்து ஒளி செல்லும் போது உள்ள விலகு விகிதங்களுக்கும், அவற்றின் தனி விலகு விகிதங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாடு புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறியதே ஆகும். எனவே, காற்றிலிருந்து ஒரு ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போதுள்ள விலகு விகிதத்தையே அப்பொருளின் தனி விலகு விகிதமாகக் கொள்ளலாம்.

படம் 6·11–ல் *PO* எனும் கதிர் காற்றிலிருந்து நீருக்குச் செல்கிறது. *OR* என்பது விலகுகதிர். இங்கே *i* என்பது படு கோணம், *r* என்பது விலகு கோணம். எனவே,

$$\text{காற்று}\ \mu\ \text{நீர்} = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} \longrightarrow (1)$$

ஒளியியலில் கையாளப்பெறும் ஓர் கொள்கைப்படி ஒரு ஒளிக் கதிரின் பாதை திருப்பிக்கொள்ளதக்கது. அதாவது, ஒரு ஒளிக்கதிர் பலமுறை திருப்பங்களும் விலகல்களும் அடைந்த பின் ஒரு ஆடியின்மீது நேர்குத்தாக விழுந்தால் அது தான் சென்ற அதே பாதையில் திரும்பிவரும். இக்கொள்கையின்படி *RO*-ஐ படுகதிராகக் கொண்டால் *OP* விலகு கதிராகும். எனவே, நீரிலிருந்து காற்றுக்குச் செல்லும்போது அடையும் விலகலுக்குப் படுகோணம் *r*, விலகு கோணம் *i*. எனவே,

$$\text{நீர்}\ \mu\ \text{காற்று} = \frac{\text{Sin } r}{\text{Sin } i}$$

$$= \frac{1}{\text{Sin/Sin } r}$$

$$= \frac{1}{\text{காற்று}\ \mu\ \text{நீர்}}$$

இதையே பொதுவாகச் சொன்னால்,

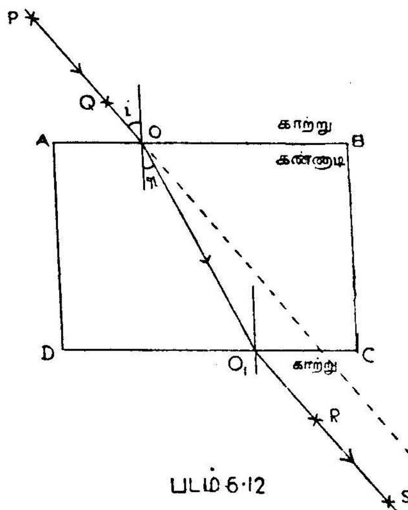
$$1\ \mu_2 = \frac{1}{2\mu_1}$$

இது ஒரு பயனுள்ள தொடர்பாகும். இதேபோன்று, μ_1, μ_2 என்பவை இரு ஊடகங்களின் தனி விலகு விகிதங்களும். $1\mu_2$ என்பது அவற்றிற்கிடையேயுள்ள விலகு விகிதமும் ஆனால்,

$$1\ \mu_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$ எனக் காட்டலாம்.

ஒரு கன செவ்வகத்தில் ஒளி விலகல்

காற்றிலே சென்றுகொண்டுள்ள ஒரு ஒளிக்கதிர் (*PQ*) இணைப்பக்கங்களையுடைய ஒரு கன செவ்வகக் கண்ணாடித் துண்



படம் 6·12

டின்மீது Q–ல் படட்டும் (படம் 6·12). O–வில் ஒளிவிலகல் ஏற்பட்டு விலகு கதிர் OO_1 ஆனது O–ல் வரையப்படும் நேர்குத்துக் கோட்டை நோக்கி வளையும். OO_1 கதிர் கண்ணாடித் துண்டின் உள்ளே சென்று அதன் இரண்டாவது பக்கத்தில் பட்டு மீண்டும் காற்றிற்கு வரும். இவ்வாறாக O_1–ல் வெளிவரும் கதிர், வெளிவரும்கதிர் (emergent ray) எனப்படும். இவ் வெளி வரும் கதிர் இரண்டாவது மேற்பரப்பிற்கு வரையப்படும் நேர் குத்துக் கோட்டிலிருந்து எட்டிச்செல்லும். இந்த ஒளி விலகலுக்கு r' என்பது படுகோணம், i' ஆகிய வெளிவரும் கோணம் (Angle of emergence) விலகுகோணம் ஆகும்.

O, O_1 ஆகிய புள்ளிகளில் வரையப்பட்ட நேர்குத்துக் கோடுகள், இணைப்பக்கங்களுக்கு வரையப்பட்டவை ஆதலால், ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும். எனவே,

$r = r'$ (ஒன்று விட்ட கோணங்கள்).

Oல் ஒளிவிலகலுக்கு,

$$\text{காற்று}\ \mu\ \text{கண்ணாடி} = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$$

O_1ல் ஒளிவிலகலுக்கு,

$$\text{கண்ணாடி}\ \mu\ \text{காற்று} = \frac{\sin r}{\sin i^1}$$

ஆனால், $\text{கண்ணாடி}\ \mu\ \text{காற்று} = \dfrac{1}{\text{காற்று}\ \mu\ \text{கண்ணாடி}}$ ஆனதால்,

$$\frac{\sin r}{\sin i'} = \frac{1}{\sin i / \sin r}$$

அல்லது, $$\frac{\sin r}{\sin i'} = \frac{\sin r}{\sin i}$$

எனவே, $$\sin i' = \sin i$$

அல்லது. $$i' = i$$

அதாவது, காற்றில் சென்று கொண்டுள்ள ஒரு கதிர் ஒரு கன செவ்வகத்துண்டின்மீது பட்டு, அதன் ஊடுசென்று, மறுபுறம் வெளிவரும்போது வெளிவரும் கதிர் படுகதிருக்கு இணையான திசையில் இருக்கும். இப்போது படுகதிரை (PO) நேராக நீட்டினால் அது வெளிவரும் கதிருக்கு இணையாக இருக்கும். அதாவது திசைமாற்றம் அடைவதில்லை. ஆனால், அது பக்க வாட்டு இடமாற்றம் (lateral displacement) அடைந்திருக்கும்.

சோதனை 6·4

ஒளி விலகல் விதிகளைச் சரிபார்த்தல்

கிடையாக வைக்கப்பெற்ற ஒரு வரைபலகையின்மீது பொருத்தப்பெற்ற ஒரு காகிதத்தின்மீது, ஒரு கன செவ்வகக் கண்ணாடித் துண்டினை வைத்து அதன் எல்லைக் கோட்டினை (outline) $ABCD$ வரைய வேண்டும். படம் 6. 12. ABன் மீது O எனும் ஒரு புள்ளியில் ABக்கு ஒரு நேர்குத்துக்கோட்டையும் இதற்கு 30° சாய்வாக ஒரு நேர்கோட்டையும் வரைந்து கொள்ளவேண்டும். இந்தச் சாய்வான கோட்டின்மீது P, Q என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகக் குத்திவிட்டு கண்ணாடித் துண்டின் மறுபுறத்திலிருந்து கண்ணாடியின் ஊடு பார்த்துக் கொண்டு P, Q வின் பிம்பங்களும் R, S என்ற வேறிரண்டு ஊசிகளும் ஒரு நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு R, S ஆகியவற்றைக் குத்த வேண்டும்.

ஒரே உயரமுடைய குண்டூசிகளைப் பயன்படுத்தி இருந்தோமானால் S, R ஆகியவற்றின் தலைகளோடு ஒரு நேர்கோட்டில்

இருக்குமாறு கண்ணை வைத்துக் கொண்டு பார்த்தால் PQ-வின் பிம்பங்களின் தலைகளும் ஒரு நேர்கோட்டில் இருக்கக் காணலாம். இப்போது P, Q ஆகியவற்றின் தலைகளின்வழியே செல்லும் படுகதிர் R, S ஆகியவற்றின் தலைகள் வழியே செல்லுகிறது. எனவே, படுகதிரும், வெளிவரும் கதிரும் இடைத்தளத்திலிருந்து குண்டூசியின் உயரத்தில் உள்ளதும் இடைத்தளத்திற்கு இணையானதுமான ஒருதளத்தில் உள்ளன. இப்போது படுகதிரும், வெளிவரும் கதிரும் கண்ணாடித் துண்டை O, O_1 ஆகிய இடங்களில் சந்திக்கட்டும். அப்போது OO_1 என்பது விலகுகதிராகும். இதுவும் நாம் முன்கூறிய அதே தளத்தில் இருக்கவேண்டும் என்பது தெளிவு. ஒளியை விலகலடையச் செய்யும் மேற்பரப்பாகிய AB ஆனது காகிதத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளதால் இதற்கு வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடும் இதே தளத்தில்தான் இருக்கவேண்டும். எனவே, படுகதிர், விலகு கதிர், ஒளி விலக்கும் மேற்பரப்பிற்குப் படுநிலையில் வரையப்படும் நேர்குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன. இது முதல் விதியினை மெய்ப்பிக்கிறது.

இப்போது, குண்டூசிகளையும், கண்ணாடித் துண்டையும் நீக்கிவிட்டு ஊசிக்குத்துகள் S,R–ஐ சேர்த்து நீட்ட, அதுCD–ஐ O_1 ல் சந்திக்கும். OO_1 ஐச் சேர்த்து விலகு கோணம் r–ஐ

எண்	படுகோணம் i	விலகுகோணம் r	$\frac{\sin i}{\sin r}$

அளக்கவேண்டும். படுகோணம் $i=30°$ என முன்னமே எடுத்துக்கொண்டுள்ளோம். அட்டவணைகளைப் பயன்படுத்தி i, r ஆகியவற்றின் செடுக்கைகளைக் கண்டு $\frac{\sin i}{\sin r}$ ஐக் கணக்கிட

வேண்டும். படுகோணத்தின் அளவை 40°, 50°, 60° என பன் முறையும் மாற்றி சோதனையைச் செய்து ஒவ்வொரு முறையும் $\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$ மதிப்பைக் கணக்கிட்டால் அவை யாவும் ஒன்றாக இருக்கக் காணலாம். இது இரண்டாவது விதியினை மெய்ப்பிக்கிறது. நாம் எடுத்த அளவுகளை முன்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

படம் 6·13

கண்ணாடியிலிருந்து காற்றுக்குச் செல்லும்போது θ_1-ல் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான படுகோணம் (r'), விலகு கோணம் (i' ஆகியவற்றை அளந்தும் இரண்டாம் விதியினைச் சரி பார்க்கலாம்.

$$\text{கண்ணாடியின் தனி விலகு விகிதம் } \mu = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} \text{ அல்லது}$$

$\frac{\text{Sin } i'}{\text{Sin } r'}$ ஆகையால், இதே சோதனையிலிருந்து கண்ணாடியின் விலகு விகிதத்தையும் காணலாம்.

சமதளப் பரப்பில் நேர்குத்து ஒளி விலகல்

AB என்பது (படம் 6·13) அடர்த்திமிக்க ஒரு ஊடகத்தையும் (கண்ணாடி), அடர்த்தி குறைந்த ஒரு ஊடகத்தையும் (காற்று) பிரிக்கும் மேற்பரப்பு எனவும், அடர்த்திமிக்க ஊடகத்தில் *O* எனும் புள்ளியில் உள்ள ஒரு பொருளை காற்றிலிருந்து பார்ப்பதாகவும் கொள்வோம். பிம்பம் எங்கே இருக்கும்? இதைக் காண்பதற்கு O-விருந்து *AB*-க்கு நேர்குத்தாக வரும் *ON* என்ற படுகதிரை எடுத்துக்கொள்வோம். இது விலகலடையாமல் நேர்குத்தாக அதே பாதையில் செல்லும். நேர்குத்துக் கோட்டிற்கு சற்று ON_1 அடர்த்தி குறைந்து ஊடகத்திற்குச் செல்வதால் நேர்குத்துக் கோட்டைவிட்டு விலகிச்செல்லும். இக்கதிருக்கு *i*, *r* ஆகியவை படுகோணமும், விலகு கோணமும் ஆகும். இரு விலகு கதிர்களும் விரிந்து செல்வதால் அவை ஒரு புள்ளியில் சந்திக்காது ; மெய் பிம்பம் தோன்றாது. ஆனால், அவற்றைப் பின்புறம் நீட்ட *I* என்ற புள்ளியில் சந்திக்கும். எனவே, *I* என்பது O-வின் மாயபிம்பம். $N_2N_1N_3$, *ON* ஆகிய இரண்டும் *AB*-க்கு நேர்குத்துக் கோடுகள் ஆனதால்,

$$\underline{|N_1ON} = i \quad \text{(மாற்றுக் கோணங்கள்)}$$

$$\underline{|N_1IN} = r \quad (\quad ,, \quad)$$

கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் μ ஆனால்,

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{1}{\mu}$$

அல்லது, $$\mu = \frac{\text{Sin } r}{\text{Sin } i} = \frac{NN_1/N_1I}{NN_1/N_1O}$$

அல்லது, $$\mu = \frac{N_1O}{N_1I}$$

N_1 ஆனது *N*-க்கு மிக அருகில் இருக்குமானால், $N_1O = NO$ எனவும் $N_1I = NI$ எனவும் எடுத்துக்கொள்ளலாம். எனவே,

$$\mu = \frac{\text{பொருளின் உண்மையான ஆழம்}}{\text{பொருளின் தோற்ற ஆழம்}}$$

பொருள் காற்றில் இருக்க, அடர்த்திமிக்க ஊடகத்திலிருந்து அதனைப் பார்த்தால், தோற்ற ஆழம் உண்மையானதைவிட அதிகமாக இருக்கும். இதற்கு,

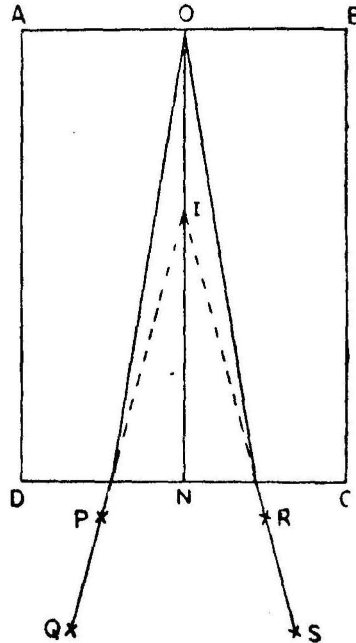
$$\mu = \frac{\text{பொருளின் தோற்ற ஆழம்}}{\text{பொருளின் உண்மையான ஆழம்}}$$

எனக் காட்டலாம்.

சோதனை 6.5

நேர்குத்து ஒளிவிலகலால் கண்ணாடியின் விலகு விகிதத்தைக் காணல்.

கிடையான ஒரு வரைபலகையின்மீது ஒரு கன செவ்வகக் கண்ணாடித் துண்டினை வைத்து அதன் எல்லைக் கோட்டை ($ABCD$) வரைந்துகொண்டு, ABன் மீதுள்ள O எனும் ஒரு புள்ளியிலிருந்து (O என்பதனை ABக்கு கிட்டத்தட்ட மையத்தில் எடுத்துக்கொள்வது நலம்) ABக்கு ON என்ற நேர்க்குத்துக் கோட்டை வரைந்துகொள்ள வேண்டும். இப்போது Oவில் ஒரு குண்டூசியினைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தி, கண்ணாடித் துண்டினை அதன் இடத்தில் வைத்து, மறுபக்கத்திலிருந்து Oவைப் பார்த்துக்கொண்டு, அதன் பிம்பத்தோடு ஒரு நேர்கோட்டில் இருக்கும்படி P, Q என்ற வேறிரண்டு குண்டூசிகளைக் குத்த வேண்டும். இதே போன்று R, S என்ற இரு குண்டூசிகளையும் குத்த வேண்டும். குண்டூசிகளையும் கண்ணாடித்துண்டையும் நீக்கிவிட்டு ஊசிக் குத்துகள் QP, SR ஆகியவற்றைச் சேர்த்து நீட்ட அவை ON ஐ Iல் சந்திக்கும். I தான் Oன் பிம்பம். NO, NI தூரங்களை அளக்க வேண்டும்.



படம் 6.14

NO என்பது *O*வின் உண்மையான ஆழம். *NI* என்பது *O*வின் தோற்ற ஆழம்.

$$\text{கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் } \mu = \frac{\text{உண்மையான ஆழம்}}{\text{தோற்ற ஆழம்}}$$

அல்லது, $\mu = \frac{NO}{NI}$

குறிப்பு :

(i) *PQ, RS* ஆகியவை *ON* ஐ நீட்டியதற்கு முடிந்தவரை ஒட்டி இருக்கவேண்டும்.

(2) ஒரு கன செவ்வக வடிவ, கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீரை எடுத்துக் கொண்டு இதே சோதனையைச் செய்தால் நீரின் விலகு விகிதத்தைக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) காற்றில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு ஒளிக்கதிர் கண்ணாடிச் செவ்வகம் ஒன்றின்மீது 30° கோணத்தில் படுகிறது. விலகு கோணம் என்ன? கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் 1.5

இங்கே, $i = 30°, \quad \mu = 1·5$

எனவே, $\mu = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$

அல்லது, $1·5 = \frac{\text{Sin } 30}{\text{Sin } r}$

அல்லது, $\text{Sin } r = \frac{\text{Sin } 30}{1·5} = \frac{0·5}{1·5} = 0·3333$

அல்லது, $r = 19° \; 28'$

(2) நீரின் விலகு விகிதம் $\frac{4}{3}$, கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் $\frac{3}{2}$. ஆனால் நீரிலிருந்து கண்ணாடிக்கு ஒளி செல்வதற்கும், கண்ணாடியிலிருந்து நீருக்கு ஒளி செல்வதற்கும் உள்ள விலகு விகிதங்கள் யாவை?

நீரின் விலகு விகிதம், μ நீர் $= \frac{4}{3}$

கண்ணாடியின் விலகு விகிதம். μ கண்ணாடி $= \frac{3}{2}$

நீரிலிருந்து கண்ணாடிக்கு

விலகு விகிதம் நீர் μ கண்ணாடி $= \frac{\mu \text{ கண்ணாடி}}{\mu \text{ நீர்}}$

$$= \frac{3/2}{4/3} = \frac{9}{8}$$

கண்ணாடியிலிருந்து நீருக்கு விலகு விகிதம்,

கண்ணாடி μ நீர் $= \frac{\mu \text{ நீர்}}{\mu \text{ கண்ணாடி}}$

$$= \frac{4/3}{3/2} = \frac{8}{9}$$

(3) ஒரு ஆற்றின் ஆழம் 6 அடியாகக் காணப்படுமானால் அதன் உண்மையான ஆழம் என்ன? நீரின் விலகு விகிதம் $\frac{4}{3}$.

நீரின் விலகு விகிதம் $= \frac{\text{உண்மையான ஆழம்}}{\text{தோற்ற ஆழம்}}$

எனவே, $\frac{4}{3} = \frac{x}{6}$

அல்லது, $x = 8$ அடி

ஆற்றின் உண்மையான ஆழம் $= 8$ அடி

முழு உட்திருப்பம்

நீருக்குள் O என்ற ஒரு ஒளிமிக்கப் புள்ளி இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதிலிருந்து நாலா திசைகளிலும் புறப்படும் கதிர்கள் நீரையும் காற்றையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பின்மீது வெவ்வேறு கோணங்களில் படும் படுகோணம் சிறிதாக இருக்கும். OP போன்ற ஒரு கதிரை எடுத்துக்கொண்டால் (படம் 6·15) ஒரு சிறுபகுதி PQ வழியே திருப்பமடைய, பெரும் பகுதி PR வழியே விலகலடையும். ஒளி, அடர்த்திமிக்க ஊடகத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த ஊடகத்திற்குச் செல்வதால் விலகு கோணம் (r) படுகோணத்தைவிடப் பெரிதாக இருக்கும். இப்போது ஸ்நெல் விதிப்படி, படுகோணம் அதிகரித்தால் விலகு கோணமும் அதிகரிக்க வேண்டுமாதலான், படு கோணத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்ல விலகு கோணமும் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று ஒரு குறிப்பிட்ட படு கோணத்திற்கு (C) 90° ஆகும். இந்நிலையில் விலகுகதிர் இரு

ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பை தடவியவாறு செல்லும். இதற்கு மேல் படுகோணத்தை அதிகரித்தால் விலகு கோணம் 90°க்கு மேல் செல்ல வேண்டும். ஆனால், அது 90°க்கு மேல் இருக்க முடியாது என்பது தெளிவு. எனவே, படுகதிர்

படம் 6·15

முழுவதும் நீருக்குள்ளேயே திருப்பமடையும். இந்த நிகழ்ச்சிக்கு முழு உட்திருப்பம் (Total internal reflection) எனப்பெயர். எந்த படுகோணத்திற்கு (C) விலகுகோணம் 90°ஆக உள்ளதோ, அதாவது, விலகுகதிர் இரு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பைத் தடவியவாறு செல்கிறதோ அந்தப் படுகோணம் அந்த ஊடகங்களின் மாறுநிலைக்கோணம் (Critical Angle) எனப்படும்.

எனவே, முழு உட்திருப்பம் நிகழ்வதற்கு இரு நிபந்தனைகள் உள்ளன என்பது தெரிகிறது. அவையாவன :

(1) ஒளி அடர்த்திமிக்க ஊடகத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த ஊடகத்திற்குச் செல்ல வேண்டும்.

(2) படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட சற்றேனும் பெரிதாக இருக்க வேண்டும்.

படம் 6.15ல் OP_1 என்ற கதிரின் படுகோணம் $i=c$, மாறுநிலைக்கோணம். விலகுகோணம் $r=90°$. எனவே, நீரின் விலகு விகிதம் μ ஆனால்,

$$\mu = \text{காற்று}\ \mu\ \text{நீர்}$$

அல்லது.
$$\mu = \frac{1}{\text{நீர்}\ \mu\ \text{காற்று}}$$

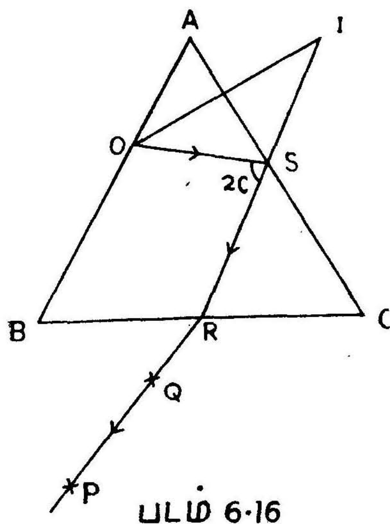
அல்லது,
$$\mu = \frac{1}{\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}} = \frac{\sin r}{\text{Sin } i} = \frac{\text{Sin } 90}{\text{Sin } C}$$

அல்லது,
$$\mu = \frac{1}{\text{Siu } C}$$

சோதனை 6 6

முப்பட்டகத்தைக் கொண்டு கண்ணுடியின் மாறுநிலைக்கோணத்தைக் காணல்.

ஒரு சமபக்க கண்ணுடி முப்பட்டகம் ஒன்றினைக்கிடையான வரைபலகை ஒன்றின்மீது பொருத்தப்பெற்ற ஒரு காகிதத்தின்



படம் 6·16

மீது வைத்து அதன் எல்லைக்கோட்டை (ABC) வரைய வேண்டும். ABமீது O என்ற புள்ளியில் ஒரு குண்டூசியினைப் பொருத்திவிட்டு, BC பக்கத்தில் Bக்கு அருகில் கண்ணை வைத்துக்

கொண்டு முப்பட்டகத்தின் ஊடுபார்க்க Oவில் பிம்பம் மங்க லாகத் தெரியும். Oவிலிருந்து புறப்பட்டு ACல் அரைகுறை யாகத் திருப்பம் அடைந்து BC வழியே வெளிவரும் கதிர்களால் உண்டாகும் பிம்பம் இது. இப்போது கண்ணை Bலிருந்து Cஐ நோக்கி நகர்த்தினுல் ஓரிடத்தில் பிம்பம் நன்ருகத் தெரிய ஆரம்பிக்கும். அதன்பின் பிம்பம் தொடர்ந்து நன்கு தெரியும். இந்த நிலையில் முழு உட்திருப்பம் நிகழ ஆரம்பிக்கிறது என்பது தெளிவு. இந்த நிலையில் Oவின் பிம்பத்தோடு ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்கும்படி P, Q எனும் இரு குண்டூசிகளைக் குத்தி, பின்னர் ஊசிகளையும் முப்பட்டகத்தையும் நீக்கிவிட்டு ஊசிக் குத்துகள் P, Q ஐச் சேர்த்து நீட்ட அவை BC-ஐ SR-ல் சந்திக்கும்.

இப்போது O விருந்து AC க்கு ஒரு நேர்குத்துக்கோடு (ON) போட்டு அதனை நீட்டி, அதன் மீது $ON = NI$ எனும்படி I என்கிற புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டால், I தான் AC ல் ஒளித்திருப்பத்தால் உண்டாகும் பிம்பம் என்பது தெளிவு. இப்போது RI ஐச் சேர்க்க அது ACஐ S-ல் சந்திக்கும். OS உம் சேர்க்க வேண்டும். O விருந்து புறப்படும் OS என்ற கதிர் AC ல் திருப்பமடைந்து BC விருந்து QP வழியே வெளிவருகிறது. இந்தக்கதிரை விடச் சற்றுக்குறைந்த கோணத்தில் AC ன் மீது படும் கதிர்கள் அரைகுறையாகத்தான் திருப்பமடையும். இதைவிட சற்று அதிகமான கோணத்தில் படும் கதிர் நன்கு முழு உட்திருப்பம் அடையும். ஏனெனில் இந்த நிலையில்தான் நாம் BCபக்கத்திலிருந்து பார்க்கும் பிம்பம் முழுப் பொலிவுடன் தோன்ற ஆரம்பிக்கிறது. எனவே, இக்கதிரின் படுகோணமே கண்ணுடியின் மாறுநிலைக்கோணம். ஆகையால் $\underline{|OSR}$ என்பது மாறுநிலைக் கோணத்தின் இரு மடங்கு $(2C)$ ஆகும். இதனை அளந்து Cஐக் காணலாம்.

இதிலிருந்து $\mu = \frac{1}{\text{Sin } C}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்தி கண்ணுடியின் விலகு விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம். Oஐ வெவ்வேறு இடங்களில் எடுத்துக்கொண்டு சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி விலகு விகிதத்தைக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்.

(1) கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் 1·5 ஆனால் அதன் மாறு நிலைக்கோணம் என்ன?

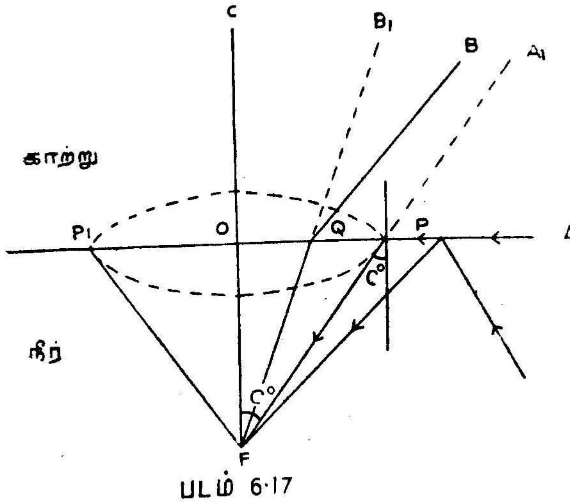
$$\mu = \frac{1}{\text{Sin } C} \quad \text{எனவே,}$$

$$1\cdot5 = \frac{1}{\text{Sin } C}$$

அல்லது, $$\text{Sin } C = \frac{1}{1\cdot5} = 0\cdot6667.$$

எனவே, $C = 41° \ 49'$

(2) ஒரு குளத்தில் நீருக்குள் உள்ள ஓர் மீன் நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலுள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் ஒரு வட்டமான பார்வைப் புலத்தின (field of view) உள்ளேயே காண்கிறது.



படம் 6·17

இதற்கு அப்பால், குளத்தின் அடியிலுள்ள பொருள்களின் ஒளித் திருப்ப பிம்பங்களையே காண்கிறது. இதனை விளக்கு. மீன் மேற்பரப்பிலிருந்து 4 அடி ஆழத்தில் இருக்குமானால் வட்டமான பார்வைப் புலத்தின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடி. நீரின் விலகு விகிதம் 4/3.

மீன் Fல் இருப்பதாகக் கொள்வோம். FO மேற்பரப்பிற்கு வரைந்த செங்குத்துக் கோடானால் $FO=4$ அடி. இப்போது மீன் நீருக்கு மேலே செங்குத்தாக Cல் உள்ள பொருளைச் செங்குத்தாக தனக்கு மேலே இருப்பதாகவே உணரும். ஆனால் B போன்ற இடத்திலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் கதிர் Qல் விலகலடைந்து QF வழியே மீனை அடைவதால் மீன் B ஆனது B_1ல் இருப்பதாக உணரும். நீரின் மேற்பரப்பில் A போன்ற ஓரிடத்திலிருந்து வரும் கதிர் Pல் தான் நீருக்குள் நுழைந்து Fஐ அடையும். இங்கே விலகு கோணம் மாறுநிலைக் கோணம் C ஆகும். எனவே, நீருக்கு மேலுள்ள எல்லாப் பொருள்களிலிருந்து வரும் கதிர்களும் PFP_1 என்ற கூம்பின் வட்டமான அடிப்பரப்பின் வழியேதான் நீருள் சென்று மீனை அடையும். இந்த வட்டத்தின் ஆரம் $OP = r$ ஆனால்,

$$\tan C = \frac{OP}{OF} = \frac{r}{OF}$$

எனவே, $r = OF \times \tan C = 4 \times \tan C$ அடி.

இப்போது, $\mu = \frac{1}{\text{Sin } C}$ ஆனதால்

$$\frac{4}{3} = \frac{1}{\text{Sin } C}$$

எனவே, $\text{Sin } C = \frac{3}{4} = 0{\cdot}75$

எனவே, $C = 48° 35'$

எனவே, $\tan C = 1{\cdot}1336$

எனவே, $r = 4 \times \tan C$

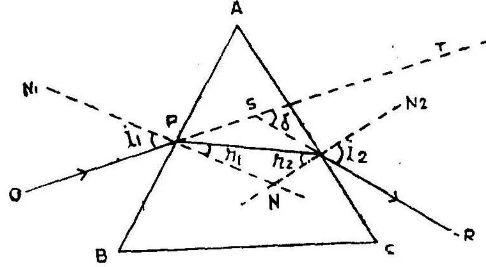
$= 4 \times 1{\cdot}1336$

$= 4{\cdot}5344$ அடி.

இந்த வட்டமான பார்வைப் புலனுக்கு அப்பால் வெளியி லுள்ள பொருள்களிலிருந்து வரும் கதிர்கள் படாது. மாறாக குளத்தின் அடியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் இவ்வட்டத்தின் உள் பட்டால் விலகலடைந்து வெளிச்செல்ல, வெளியே படும் கதிர்கள் முழு உட்திருப்பம் அடையும். எனவே, இவ்வட்டத்தின் வெளியில் குளத்தின் அடியிலுள்ள பொருள்களையே மீன் பார்க்கிறது.

முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகல்

ஒளிபுகும் பொருளால் ஆன, முக்கோணம் குறுக்கு வெட்டினை உடைய ஒரு துண்டே முப்பட்டகம் எனப்படும். இதில

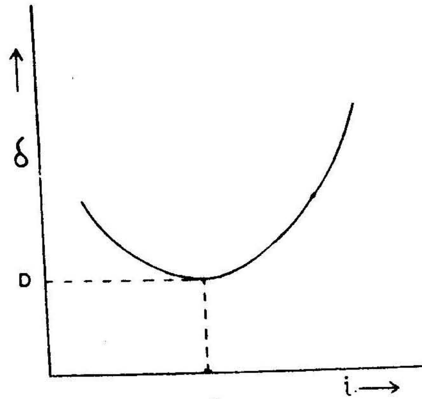


படம் 6·18

AB, AC எனும் இரு பக்கங்கள் மட்டிலுமே ஒளி விலகலில் பங்குகொள்கின்றன. நன்கு மெருகிடப்பெற்றிருக்கும். இவை ஒளிவிலக்கும் பக்கங்கள் (Refracting faces) எனவும், இவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் (A) ஒளி விலக்கும் கோணம் (Refracting angle) அல்லது முப்பட்டகத்தின் கோணம் எனவும் அழைக்கப்பெறும். முப்பட்டகத்தின் மூன்றாவது பக்கம் எப்படி வேண்டுமானாலும் இருக்கலாம். அடிப்பக்கம் (Base) எனப்பெறும். இது வழக்கமாகத் தேய்க்கப் பெற்றிருக்கும்.

OP எனும் ஒரு ஒளிக்கதிர் AB பக்கத்தின்மீது i கோணத்தில் ($OPN_1=i$) படுவதாகக்கொள்வோம். இது நேர்குத்துக் கோட்டை (N_1PN) ஒட்டி விலகலடைந்து PQ வழியாகச் செல்லும். $\underline{|NPQ}$ கோணமானது முதல் விலகு கோணம் (First angle of refraction) எனப்படும். இக்கதிர் ACன் மீது Q-ல் பட்டு நேர்குத்துக் கோட்டை (N_2QN) விட்டு விலகி QR வழியே செல்லும். இது, ACன் மீது படும் கோணம் $\underline{|NQP}=r_2$. ஆனது இரண்டாவது விலகு கோணம் (Second angle of refraction) எனப்படும். இது வெளிவரும் கோணம் $\underline{|N_2QR}=i_2$ ஆனது வெளிவரும் கோணம் (angle of emergence) எனப்படும் இருமுறை விலகலடையும்போது. கதிர் அடிப்பக்கத்தையே நோக்கித் திரும்புகிறது. இப்போது படுகதிரையும் வெளிவரும் கதிரையும் நீட்டினால் அவை S-ல் சந்திக்கும். முப்பட்டகம் இல்லாதிருந்தால் $OPST$ வழியில் சென்றிருக்கவேண்டிய கதிர் இதனால் QR பாதையில் திசை மாற்றம் அடைந்து வருகிறது. எனவே, $\underline{|TSQ}=\delta$ என்பது திசைமாற்றக் கோணம் (Angle of deviation) ஆகும். படு கோணத்தின் மதிப்பை சிறு அளவிலி

ருந்து அதிகரித்துக்கொண்டே சென்றால் திசைமாற்றக் கோணம் குறைந்துகொண்டே சென்று ஒரு சிறும மதிப்பை



படம் 6·19

அடைந்து அதன் பின்னர் மீண்டும் அதிகரிக்கும் (படம் 6·11). இந்தச் சிறும மதிப்பே சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (Angle of minimum deviation) எனப்படும்.

படத்திலிருந்து, ஒவ்வொரு திசைமாற்றக் கோணத்திற்கும் இரு படுகோணங்கள் உள்ளதைக் காணலாம். ஒளிக்கதிர்கள் திருப்பவல்லவை என்பதை நினைவில்கொண்டு பார்த்தால், இவ்விரு கோணங்களில் ஒன்று படுகோணமானால் மற்றொன்று வெளிவரும் கோணம் என்பது புலப்படும். எனவே, சிறும திசைமாற்றம் நிகழும்போது படுகோணமும், வெளிவரும் கோணமும் சமம். ஆகையால் படுகதிரும், வெளிவரும் கதிரும் முப்பட்டகத்தைப் பொறுத்த அளவில் சமச்சீருடன் விளங்கும்.

முப்பட்டகத்தின் விலகு விகிதத்திற்கு ஒரு வாய்பாடு

ஒரு ஒளிக்கதிர் முப்பட்டகத்தில் விலகலடைவதனைக் காட்டும் படம் 6·18-ஐ எடுத்துக்கொண்டால்,

$\underline{|APN} = AQN = 90°$ (நேர்குத்துக் கோடுகள்)

எனவே, $APNQ$ என்பது ஒரு வட்ட நாற்கரம் (eyclic quadrilateral) ஆகும். எனவே,

$$\underline{|A} + \underline{|N} = 180° \longrightarrow (1)$$

PQN என்ற முக்கோணத்தில்,

$r_1+r_2+\underline{|N} = 180°$ (முக்கோணத்தின் மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை)

இதனை (1) உடன் ஒப்பிட,

$$A = r_1+r_2 \longrightarrow (2)$$

ஒரு முக்கோணத்தில் வெளிக்கோணமானது இரு உள் எதிர் கோணங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். ஆதலான், SPQ முக்கோணத்தில்,

$$\underline{|TSQ} = \underline{|SPQ} + \underline{|SQP}$$

அல்லது, $\underline{|TSQ} = (\underline{|SPN} - \underline{|NPQ}) + (\underline{|SQN} - \underline{|SQP})$

அல்லது, $\underline{|TSQ} = (\underline{|N_1PO} - \underline{|NPQ}) + (\underline{|N_2QR} - \underline{|SQP})$

அல்லது, $\delta = (i_1-r_1) + (i_2-r_2)$

அல்லது, $\delta = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2)$

அல்லது, $\delta = i_1 + i_2 - A$ (2வது சமன்பாட்டிலிருந்து) $\longrightarrow (3)$

சிறும திசைமாற்றத்தின்போது படுகோணமும், வெளிவரும் கோணமும்சமம் எனப்பார்த்தோம். எனவே, இரு விலகு கோணங்களும் சமமாக இருக்கவேண்டும். எனவே,

$\delta = D$ ஆனால்,

$$i_1 = i_2 = i, \quad r_1 = r_2 = r.$$

எனவே, (3) லிருந்து,

$$D = i + i - A$$

அல்லது, $D = 2i - A$

அல்லது, $i = \frac{A + D}{2} \longrightarrow (4)$

(2)லிருந்து,

$$A = r + r$$

அல்லது, $r = \frac{A}{2} \longrightarrow (5)$

எனவே, முப்பட்டகத்தின் விலகு விகிதம் A ஆனால்,

$$\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$$

அல்லது,
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

சோதனை 6·7

ஒரு முப்பட்டகத்தின் சிறுமதிசைமாற்றக் கோணத்தைக் காணல்

கிடையான ஒரு வரைபலகையின் மீது ஒரு சமபக்க முப்பட்டகத்தை (equilateral prism) வைத்து அதன் எல்லைக் கோட்டை (ABC) வரைந்து கொண்டு முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை (A) அளக்கவேண்டும். இப்போது ABன் மீது Oஎன்ற ஒரு புள்ளியில் ABக்கு ஒரு நேர்குத்துக்கோட்டையும் இதற்கு 35° சாய்வாக மற்றொரு கோட்டையும் வரைந்து கொள்ள வேண்டும். இந்த சாய்ந்த கோட்டின்மீது நேர்

படம் 6·20

குத்தாக இரு குண்டூசிகளைப் பொருத்தி, முப்பட்டகத்தை அதன் எல்லைக் கோட்டுக்குள் வைத்து, AC பக்கத்திலிருந்து முப்பட்டகத்தின் ஊடு பார்த்துக்கொண்டு, P, Q ஆகியவற்றின் பிம்பங்களோடு ஒரு நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு R, S என்ற என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பொருத்தவேண்டும். பிறகு, முப்பட்டகத்தையும் குண்டூசிகளையும் எடுத்துவிட்டு ஊசிக்குத்துகள் S, R ஆகியவற்றைச் சேர்த்து நீட்ட அது ACஐ O_1ல் சந்திக்கும். OO_1 பட்டகத்தினுள் கதிராகும். PO, SR ஆகிய இரண்டையும் நீட்ட அவை Sல் சந்திக்கும். கோணம் $TSO_1 = \delta$ ஐ அளக்கவேண்டும். இப்போது படுகோணம் $i = 35°$ ஆனால்

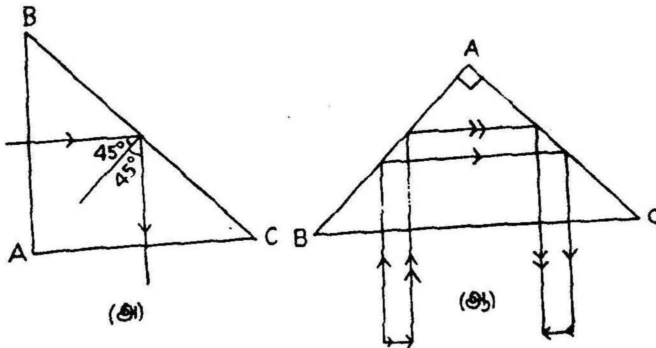
திசைமாற்றக் கோணம் δ. இதே போன்று $i=40^\circ$, 45°, 50°, 55° களுக்கும் δன் மதிப்பைக்கண்டு, iக்கும் δவிற்கும் இடையே ஒரு வரைபடம் வரைய அது படம் 6.19ல் உள்ளவாறிருக்கும். இதிலிருந்து சிறும, திசைமாற்றக் கோணத்தை (D) கண்டு கொள்ளலாம்.

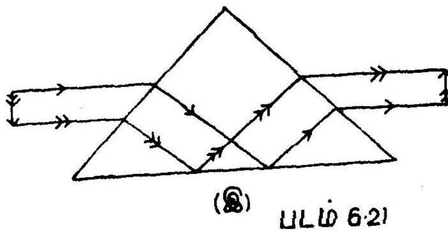
$$\mu = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கண்ணாடியின் விலகு விகி தத்தைக் கணக்கிடலாம்.

முழு உட்திருப்ப முப்பட்டகங்கள் (Total reflection prisms)

திருப்பக் கோணம் 90°ஆக உள்ள ஒரு இருசமபக்க முப்பட் டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் (AB) மீது ஒரு ஒளிக்கதிர் செங்





படம் 6.21

கோணத்தில் படுவதாகக் கொள்வோம் (படம் 6.21 அ). இது விலகலடையாமல் சென்று அடிப்பக்கத்தின்மீது (BC) 45°-இல் படும். ஆனால், முப்பட்டகங்கள் செய்யப்பயன்படும். எந்தக்

கண்ணாடிக்கும் மாறுநிலைக்கோணம் 42° 30′க்கு மேல் இருப்ப தில்லை. ஆதலான், இது முழு உட்திருப்பம் அடைந்து *AC*பக்கத் தின்மீது செங்குத்தாகப்பட்டு அப்படியே வெளிவரும். எனவே, ஒளிக்கதிர் 90° கோணத்திருப்பம் அடைகிறது. இவ்வாறு கதிர்களில் திசைமாற்றம் அடையச்செய்ய பயன்படுத்தும் செங்கோண முப்பட்டகங்கள் முழு உட்திருப்ப முப்பட்டகங்கள் எனப்படும். இப்போது விவரித்த முப்பட்டகம் நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களில் பெரிஸ்கோப் எனும் கருவிகளில் பயன்படுகிறது. ஒரு முழு உட்திருப்பப்பட்டகம் ஒளிக்கதிர்களை எவ்வாறு 180° திசைமாற்றம் அடையச்செய்கிறது என்பதனை படம் 6.21 ஆ. விளக்குகிறது. இதனால் பிம்பத்தை இடவலமாகவோ, அல்லது தலைகீழாகவோ மாற்ற இதனைப் பயன்படுத்தலாம். உண்மை யில் இடவலமாகவோ, அல்லது தலைகீழாகவோ உருவாக்கும் பிம்பங்களை நோக்குவதற்கு இம்முப்பட்டகம் பயன்படுகிறது. இவை இரு கண்ணோக்கிகள் (Binoculars) பெரிதும் பயன்படு கின்றன. பிம்பங்களைத் தலைகீழாகச்செய்யும் வேறொரு முறை படம் 6.21 (இ)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இவ்வாறு திசைமாற்றம் அடையச் செய்ய ஆடிகளையே பயன்படுத்தலாமெனினும் ஒளியியல் கருவிகளில் இவையே பெரிதும் பயன்படுகின்றன. ஏனெனில், சிறந்த ஆடிகள் எனப் பெறும் ஸ்பெகுலம் (Speculum) உலோகத்தால் செய்யப் பெற் றவைகூட படுவொளியில் 60%ஐ மட்டுமே திருப்பமடையச் செய்கின்றன. முழு உட்திருப்பப்பட்டகங்களில் ஓரளவு ஒளி உட்கவரப்படுமானாலும் வெளிவரும் கதிரின் அளவு 60% ஐ விட மிகவும் அதிகம். மேலும், ஆடிகளின் உலோகப்பரப்பினை நிறம் மங்கிப்போகாமல் கவனத்துடன் காக்க வேண்டும். ஆனால், பட்டகங்களின் மேற்புறத்தைத் தூசுபடாமல் தூய்மையாக வைத்துக்கொண்டால் போதுமானது. மேலும் ஆடிகளின் பின்புறத்தில் ரசம் பூசுவதால் முன்பக்கத்தில் ஏற்படும் ஒளித் திருப்பங்களின் இடையூறினால் பிம்பங்கள் தெளிவற்றுப் போகலாம். எனவே, முழு உட்திருப்ப முப்பட்டகங்கள் பொலிவுமிக்க, தெளிவான பிம்பங்களைத் தருவதோடு நீண்ட காலம் உழைக்க வல்லவை.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் கோணம் 60°, அதன் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் 48·12′ ஆனால் கண்ணாடியின் விலகு விகிதத்தைக் கண்டுபிடி.

$A = 60°$, $D = 48° 12'$ எனவே,

$$\mu = \frac{\text{Sin}\left(\frac{A=D}{2}\right)}{\text{Sin}\ \frac{A}{2}} = \frac{\text{Sin}\left(\frac{60+48°\ 12'}{2}\right)}{\text{Sin}\left(\frac{60}{2}\right)}$$

அல்லது, $\mu = \frac{\text{Sin}\ 54°\ 6'}{\text{Sin}\ 30°} = \frac{\cdot 810}{\cdot 50} = 1{\cdot}62$

(2) 35° கோணமுள்ள ஒரு முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் மீது ஒரு ஒளிக்கதிர் நேர்குத்தாகப்பட்டு மறுபக்கத்தின் வழியே வெளிவருகிறது. முப்பட்டகத்தின் விலகு விகிதம் 1·5 ஆனால் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் கண்டுபிடி.

திசை மாற்றக் கோணம் $\delta = i_1 + i_2 - A$ என்பதும்

$A = r_1 + r_2$ என்பதும் நமக்குத்

தெரியும். இங்கு $i_1 = O°$, எனவே ,

$r_1 = O°$. எனவே, $r_2 = A = 35°$.

$$\mu = \frac{\text{Sin}\ i_2}{\text{Sin}\ r_2} \quad \text{ஆனதால்,}$$

$$1{\cdot}5 = \frac{\text{Sin}\ i_2}{\text{Sin}\ 35}$$

அல்லது, $\text{Sin}\ i_2 = 1{\cdot}5 \times \text{Sin}\ 35 = 1{\cdot}5 \times 0{\cdot}5736$

$= 0{\cdot}8604$

எனவே, $i_2 = 59°\ 21'$

எனவே, $\delta = i_2 - A = 59°\ 21' - 35°$

அல்லது, $\delta = 24°\ 21'$

(3) 1·6 விலகு விகிதமுடைய ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் ஊடு செல்லும் ஒரு ஒளிக்கதிர், இரண்டாவது பக்கத்தினைத் தடவியவாறு வெளிச் செல்கிறது. முப்பட்டகத்தின் கோணம் 60° ஆனால் படுகோணம் என்ன ?

இரண்டாவது பக்கத்தில் ஒளிக்கதிர் தடவியவாறு செல்வதால் $i_2 = 90°$, $r_2 = C$, கண்ணாடியின் மாறுநிலைக் கோணம். எனவே, $r_1 + r_2 = A$ ஆனதால் $r_1 + C = A$ அல்லது, $r_1 = A - C$.

இப்போது $\mu = \frac{1}{\text{Sin } C}$ ஆனதால்,

$$\text{Sin } C = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{1{\cdot}6} = 0{\cdot}625$$

அல்லது. $C = 38°41'$

எனவே, $r_1 = 60 - 38°41' = 21°19'$

முதல் பக்கத்தில் ஒளி விலகலுக்கு,

$$\mu = \frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } r_1}$$

எனவே,

$$1{\cdot}6 = \frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } 21°17'}$$

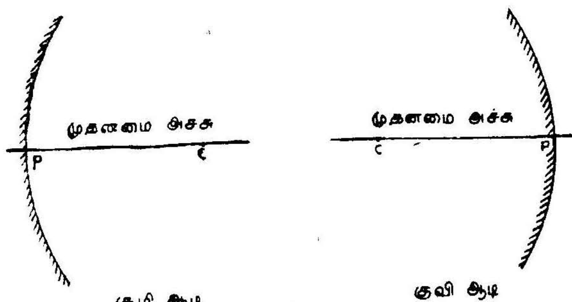
அல்லது, $\text{Sin } i_1 = 1{\cdot}6 \times \text{Sin } 21°19' = 1{\cdot}6 \times 0{\cdot}3639$

அல்லது, $\text{Sin } i_1 = 0{\cdot}58224$

எனவே, $i_1 = 36°37'$

கோள ஆடிகள் (Spherical Mirrors)

ஒரு கோளத்திலிருந்து வெட்டி எடுக்கப்பெற்று, ஒழுங்கான ஒளித்திருப்பம் செய்வதற்கேற்ற வகையில் ரசம் பூசப்



படம் 6·22

பெற்ற ஒன்றே கோள ஆடி எனப்படும். இதன் குழிந்த பக்கம் ஒளியைத்திருப்புமானால் குழி ஆடி (Concave mirror) எனவும், குவிந்த பக்கம் ஒளியைத் திருப்பினால் குவி ஆடி (Convex mirror) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

ஒரு கோள ஆடியானது எந்த கோளத்தின் பகுதியாக அமைகிறதோ அதன் மையமே அந்த ஆடியின் வளைவு மையம் எனப்படும்.

எனவே, குழி ஆடியின் வளைவு மையம் (Centre of Curvature) ஆடிக்கு முன்னாலும் குவி ஆடியின் வளைவு மையம் (C) ஆடிக்குப் பின்னாலும் இருக்கும்.

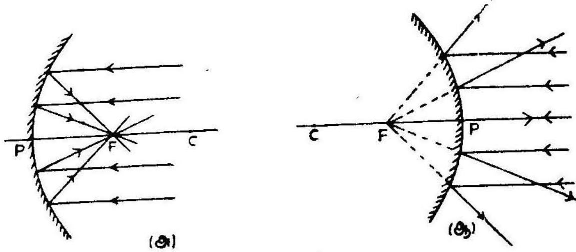
ஒரு கோள ஆடியின் வளைவு ஆரம் (Radius of curvature) என்பது ஆடி எந்தக்கோளத்தின் பகுதியாக அமைகிறதோ அதன் ஆரமேயாகும்.

ஒரு கோள ஆடியின் ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பின் வடிவ மையமே அந்த ஆடியின் மையம் (Pole) எனப்படும்.

கோள ஆடியின் வளைவு மையம், ஆடிமையம் ஆகியவற்றின் ஊடு செல்லும் நேர்கோடு ஆடியில் முதன்மை அச்சு (Principal axis) எனப்படும்.

முதன்மைக் குவியம் (Principal focus)

ஒரு கோள ஆடியின் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாகவும் அதனை ஒட்டியும் வரும் இணைகதிர்கள் ஆடியின்மீது பட்டு திருப்பமடைந்த



படம் 6·23

பின்னர் அது குழி ஆடியானல் முதன்மை அச்சின்மீது ஒரு புள்ளியில் (F) குவியும் [படம் 6·23 (அ)]; அல்லது குவி ஆடியானல் முதன்மை அச்சின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிந்து வருவன போன்று தோன்றும். [படம் 6·23 (ஆ)] இந்தப்புள்ளி ஆடியின் முதன்மைக் குவியம் எனப்படும்.

இந்த வரையறையிலிருந்து குழி ஆடியின் குவியம் மெய்யானது என்பதும், குவி ஆடியினுடையது மாயம் என்பதும் தெரிகிறது. குழி ஆடியின் குவியம் ஆடிக்கு முன்னும், குவி ஆடியினுடையது ஆடிக்குப் பின்னும் இருக்கும்.

ஒரு கோள ஆடியின் ஆடி மையத்திற்கும் குவியத்திற்கும் இடையேயுள்ள தூரம் அதன் குவி தூரம் (focal length) எனப்படும்.

குறியீடுகளின் மரபு (Convention of signs)

மேலே தொடர்வதற்கு முன்னர், தூரங்களை அளப்பதற்குரிய ஒரு மரபினை ஏற்படுத்திக் கொள்ளவேண்டும். 1934-ல் பௌதிகக் கழகம் வெளியிட்ட அறிக்கையில் கண்டுள்ள அதே மரபினை நாமும் கையாளுவோம். அஃதாவது :

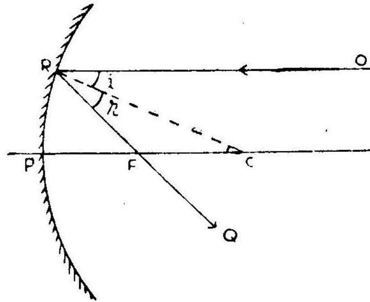
(1) எல்லாத் தூரங்களையும் ஆடி மையத்திலிருந்தே அளக்க வேண்டும்.

(2) மெய்யான பொருள்கள், பிம்பங்களை நோக்கி அளக்கும் தூரங்கள் நேர்குறி உடையன (Positive); மாய பிம்பங்கள், பொருள்கள் ஆகியவற்றை நோக்கி அளக்கும் தூரங்கள் எதிர்குறி உடையன (Negative).

இந்த விதிப்படி, குழி ஆடியின் குவிதூரம் நேர்குறி உடையது.

குவி தூரத்திற்கும் வளைவு ஆரத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு.

ஒரு குழி ஆடியின் ஆடி மையம் P ஆகவும், குவியம் F ஆகவும், வளைவு மையம் C ஆகவும் இருக்கட்டும். இப்போது



படம் 6·24

அதன் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாகச் செல்லும் OR என்ற ஒளிக்கதிர் ஆடியின்மீது R-ல் பட்டுத்திருப்பமடைந்தால் அது குவியத்தின் வரையறைப்படி F வழியே செல்லும். RC ஐச் சேர்க்க, RC தான் R-ல் ஒளி திருப்பும் மேற்பரப்பிற்கு வரையப்படும் நேர்குத்துக் கோடானதால்,

படுகோணம், $i = \angle ORC$

திருப்பக்கோணம், $r = \angle CRF$

ஆனால். $i = r$, ஆனதால் $\angle ORC = \angle CRF$

ஆனால், $\angle ORC = \angle FCR$ (மாற்றுக் கோணங்கள்).

எனவே, $\angle FCR = \angle CRF$

எனவே, CRF ஒரு இரு சமபக்க முக்கோணம்.

எனவே, $RF = FC$

படுகதிரானது முதன்மை அச்சினை ஒட்டி இருந்தால், R ஆனது P ஐ ஒட்டி இருக்கும். அப்போது $RF = PF$ என எடுத்துக் கொள்ளலாம். எனவே,

$$PF = FC$$

அல்லது $PC = PF + FC = 2PF$

அல்லது $r = 2f$. அதாவது, ஆடியின் வளைவு ஆரம் அதன் குவி தூரத்தைப் போல் இரு மடங்கு.

ஒரு குவி ஆடிக்கும் இதேபோன்று இதே முடிவைப் பெறலாம்.

கோள ஆடிகளில் பிம்பங்கள் உண்டாதல்

முன்பு பார்த்ததுபோல், ஒரு பொருளிலிருந்து விரிந்து வரும் எண்ணற்றக் கதிர்களில் இரண்டு திருப்பமடைந்துவரும் போது ஒரு புள்ளியில் சந்தித்தால் அதுவே பொருளின் மெய் பிம்பம்; அவ்வாறன்றி அவை ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிந்து வருவன போன்று தோன்றினால் அப்புள்ளியே மாய பிம்பம். இங்கு, கீழ்க்கண்ட மூன்று கதிர்களில் ஏதேனும் இரண்டைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம்.

(1) ஆடியின் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வரும் கதிர். இது திருப்பமடைந்தபின் குவியத்தின் வழியே செல்லும் (குழி ஆடி) அல்லது குவியத்திலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றும் (குவி ஆடி).

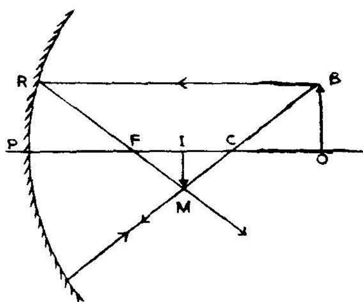
(2) ஆடியின் வளைவு மையத்தின் வழியே வரும் கதிர். இது ஆடியின்மீது நேர்குத்தாகப் படுமாதலால் அதே பாதையில் திரும்பி வரும்.

(3) ஆடியின் குவியத்தின் வழியே செல்லும் கதிர். இது முதன்மை அச்சிற்கு இணையாகத் திரும்பி வரும்.

குழி ஆடி

(1) **பொருள் வரம்பிலியில் (Infinity) உள்ளபோது :** வரம்பி லியில் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் யாவும் இணை யாகவே இருக்குமாதலான், ஆடியில் திருப்ப மடைந்தபின் குவியத்தின் வழியே செல்லும். எனவே, பிம்பம் குவியத்தில் தோன்றும். இது மெய்யானது, தலைகீழானது, மிகவும் அளவில் சுருங்கியது.

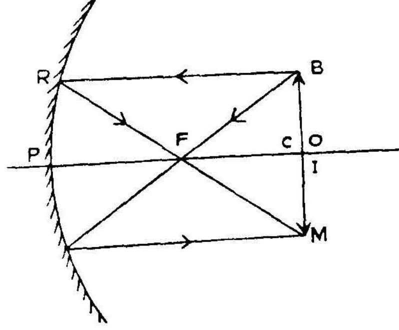
(2) **பொருள் வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் உள்ளபோது :** OB என்ற பொருள் குழி ஆடியின் வளைவு மையம் C-க்கு அப்பால் முதன்மை அச்சின்மீது செங்குத்தாக உள்ளது. பொருளின்மீதுள்ள B என்ற புள்ளியிலிருந்து முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் BR என்ற கதிர் திருப்ப மடைந்தபின் குவியத்தின் (F) வழியாகச் செல்லும். B-லிருந்து வரும் C வழியே செல்லும் கதிர் திருப்ப மடைந்து அதே வழியில் திரும்பும். இரு திரும்பு கதிர்களும் M-ல் சந்திக்கின்றன. எனவே, M ஆனது B-ன் மெய் பிம்பம். இப்போது M-லிருந்து முதன்மை அச்சிற்கு MI என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரைந்தால் சமச்சீர்படி IM ஆனது OB-ன் பிம்பமாகும்.



படம் 6·25

எனவே, பிம்பம் F-க்கு C-க்கும் இடையில் உள்ளது. இது மெய் பிம்பம், தலைகீழானது, அளவில் சுருங்கியது.

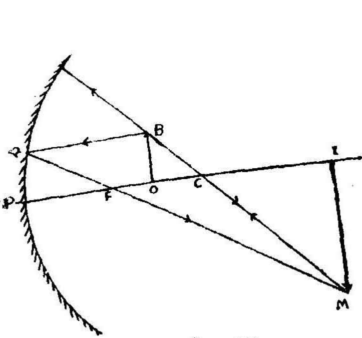
(3) பொருள் C-ல் உள்ளபோது: முன்போலவே பிம்பத்தை அமைக்க, பிம்பம் C-லேயே உள்ளது. இது மெய்ப்பிம்பம், தலைகீழானது. பொருளின் அளவே உள்ளது (படம் 6·26).



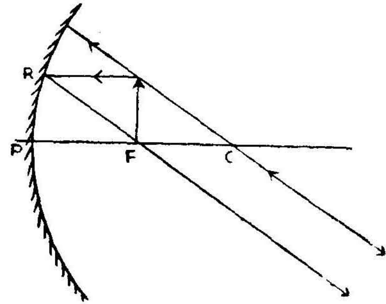
படம் 6·26

(4) பொருள் F-க்கும் C-க்கும் இடையில் உள்ளபோது: பிம்பம் C-க்கு அப்பால் இருக்கும். இது மெய் பிம்பம், தலைகீழானது, அளவில் பெரியது. (படம் 6·27)

(5) பொருள் F-ல் உள்ளபோது: எல்லாக் கதிர்களும் திருப்பமடைந்தபின் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகச் செல்கின்றன. எனவே, பிம்பம் வரம்பிலியில் உண்டாகும். இது மெய் பிம்பம், தலைகீழானது, வரம்பற்ற அளவு உருப்பெருக்கம் அடைந்தது. படம் 6·28.



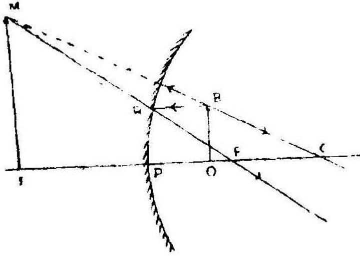
படம் 6·27



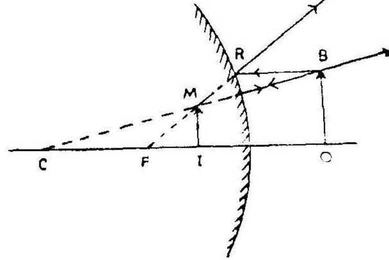
படம் 6·28

(6) பொருள் F-க்கும் P-க்கும் இடையே: இங்கே திரும்பு கதிர்கள் RF, BC ஆகியவை ஒரு புள்ளியில் சந்திப்பதில்லை.

அவற்றைப் பின்புறம் நீட்ட அவை ஆடிக்கும் பின்னால் M-ல் சந்திக்கின்றன. எனவே, பிம்பம் (IM) ஆடிக்குப் பின்னால் உள்ளது. இது மாய பிம்பம், நேரானது, அளவில் பெரியது. (படம் 6·29)



படம் 6·29



படம் 6·30

குவி ஆடி

குவி ஆடியின் முன்னால் பொருளை எங்கே வைத்தாலும் பிம்பம் ஆடிக்குப் பின்னால் P-க்கும் F-க்கும் இடையில் இருக்கும். இது மாய பிம்பம், நேரானது, அளவில் சிறியது. (படம் 6·30).

u, v, f ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு

f குவிதூரம் உள்ள ஒரு கோள ஆடியின் முன்னே அதன் ஆடி மையத்திலிருந்து ஒரு பொருள் 'u' தூரத்தில் உள்ளதெனவும், இதன் பிம்பம் ஆடி மையத்திலிருந்து 'v' தூரத்தில் உள்ளதெனவும் கொள்வோம். இந்த u, v, f ஆகியவற்றின் இடையேயுள்ள தொடர்பைக் காண்பதற்கு நாம் மேலே பார்த்த பிம்பம் உருவாகும் பல நிலைகளையும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். ஆனால், அவை மூன்றும் (1) குழி ஆடி மெய் பிம்பத்தை உருவாக்குதல் (2) குழி ஆடியில் மாயபிம்பம், (3) குவி ஆடியில் பிம்பம் உண்டாதல் ஆகிய மூன்றையும் பார்த்தால் போதும். இவற்றிற்குப் படம் 6·25, படம் 6·29, 6·30 ஆகியவற்றை எடுத்துக் கொண்டால் போதும். எல்லாக்கதிர்களும் முதன்மை அச்சை ஒட்டியவையாக எடுத்துக்கொண்டால் R ஆனது P-க்கு அருகில் இருக்கும். எனவே, RP-ஐ ஒரு நேர்கோடாகவே எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இந்த மூன்று நிலைகளிலுமே,

OBC, IMC ஆகிய இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள் (Similar triangles). எனவே,

$$\frac{OB}{IM}=\frac{CO}{CI} \longrightarrow (1)$$

CRF, IMF ஆகிய இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள். எனவே,

$$\frac{PR}{IM}=\frac{PF}{FI}$$

ஆனால், $PR=OB$. எனவே,

$$\frac{OB}{IM}=\frac{PF}{FI} \longrightarrow (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளை ஒப்புநோக்க,

$$\frac{CO}{CI}=\frac{PF}{FI} \dashrightarrow (3).$$

(i) இப்போது குழி ஆடி மெய் பிம்பத்தை உண்டாக்குவதை எடுத்துக்கொள்ள (படம் 6·25),

$$\frac{PO-PC}{PC-PI}=\frac{PF}{PI-PF}$$

அல்லது, $$\frac{u-2f}{2f-v}=\frac{f}{v-f}$$

அல்லது, $2f^2-vf=uv-uf-2vf+2f^2$

அல்லது, $vf+uf=vu$,

முழுவதையும் uvf ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

இங்கே பொருள், பிம்பம், குவியம் ஆகிய யாவும் மெய்யானவை ஆனதால் u, v, f எல்லாம் நேர்குறி உடையன. எனவே, இதுவே பொது வாய்ப்பாடு ஆகும்.

(ii) குழி ஆடி மாய பிம்பம் உருவாக்குவதை எடுத்துக் கொள்ள, (படம் 6·29), (3) வது சமன்பாட்டைப் பின்கண்ட வாறு எழுதலாம்:

$$\frac{PC-PO}{PC+PI}=\frac{PF}{PF+PI}$$

அல்லது, $$\frac{2f-u}{2f-v}=\frac{f}{f+v}$$

அல்லது, $2_j{}^2+vf=2_j{}^2+2vf-uf-uv$

அல்லது, $vf-uf=uv.$

முழுவதையும் uvf-ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

இங்கே பொருள் மெய்யானது. குவியமும் மெய். ஆனல், பிம்பம் மட்டிலும் மாயம். எனவே, v மட்டிலும் எதிர்க்குறி உடையது. எனவே, பொது வாய்பாடு,

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

(iii) குவி ஆடியில் பிம்பம் உருவாவதை எடுத்துக்கொள்ள, (படம் 6·30) (3) வது சமன்பாட்டைப் பின்கண்டவாறு எழுத லாம்:

$$\frac{PC+PO}{PC-PI}=\frac{PF}{PF-PI}$$

அல்லது, $$\frac{2f+u}{2f-v}=\frac{f}{f-v}$$

அல்லது, $2f^2-vf=2f^2-2vf+uf-uv$

அல்லது, $vf-uf=-uv.$

முழுவதையும் uvf ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=-\frac{1}{f}$$

இங்கே பொருள் மட்டிலுமே மெய்யானது. எனவே, v, f ஆகியவை எதிர்க்குறி உடையன. எனவே, பொது வாய்பாடு,

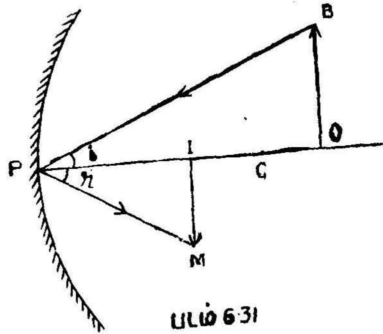
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இதுவே கோள ஆடிகளுக்கான பொது வாய்பாடு ஆகும்.

உருப்பெருக்கம்

ஒரு பிம்பத்தின் உருப்பெருக்கம் என்பது, பிம்பத்தின் அளவிற்கும் அதன் பொருளின் அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே. நாம் பொதுவாக நீள்வாட்ட உருப்பெருக்கத்தினை மட்டிலுமே இங்கு பார்ப்போம்.

ஒரு குழி ஆடியின் முன்னால் 'u' தூரத்தில் ஒரு பொருள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதன்மீதுள்ள B எனும் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வந்து ஆடி மையத்தில் பட்டு திரும்பும் கதிர் பிம்பத்தின்மீது (M) வழியே செல்லும். (படம் 6·31).



படம் 6·31

PCO ஆனது ஆடிக்கு நேர்குத்துக் கோடு ஆனதால்,

$\angle BPO = i$,

$\angle MPI = r$

எனவே, $\angle BPO = \angle MPI$

$\angle BOP = \angle MIP = 90°$ (பொருளும் பிம்பமும் முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ளன.)

எனவே, BPO, IPM ஆகிய இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள். எனவே,

$$\frac{IM}{OB} = \frac{PI}{PO} = \frac{v}{u}$$

அல்லது, உருப்பெருக்கம் $m = \frac{v}{u}$

அல்லது, உருப்பெருக்கம்

$$= \frac{\text{ஆடி மையத்திலிருந்து பிம்பத்தின் தூரம்}}{\text{ஆடி மையத்திலிருந்து பொருளின் தூரம்}}$$

குழி ஆடி வேறுவகையில் பிம்பங்களைத் தோற்றுவிப்பதற்கும், குவி ஆடிக்கும் இது பொருந்தும்.

சமதள ஆடி

கோள ஆடிகளுக்குக் கிடைத்த வாய்பாடுகள் சமதள ஆடிக்கும் பொருந்தும். எவ்வாறெனின், சமதள ஆடி என்பது வளைவு ஆரத்தின் (r) மதிப்பு வரம்பிலியாக உடைய ஒருகோள ஆடியாகக் கருதலாம். எனவே, $f = \frac{r}{2} = \infty$,

எனவே, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} = o$, அல்லது $v = -u$

மேலும், $m = \frac{v}{u} = -\frac{u}{v} = -1$. எனவே, சமதள ஆடியில் பொருள் எவ்வளவு தூரம் ஆடிக்கு முன்னால் உள்ளதோ அதே அளவு முன்னால் இருக்கும். உருப்பெருக்கம் -1 ஆனதால் பொருளும் பிம்பமும் ஒரே அளவுடையன. இது மாயபிம்பம்.

சோதனை 6·8

ஒரு குழி ஆடியின் குவிதூரத்தைக் காணல்

(i) தொலைதூரப் பொருள் முறை.

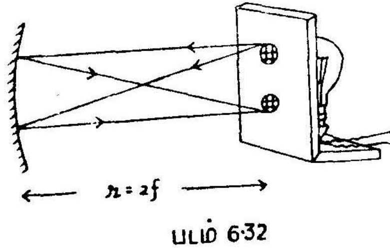
கொடுக்கப்பெற்ற குழி ஆடியினை ஒரு 'V' வடிவத் தாங்கியில் பொருத்தி, அதன் முன்னர் தேய்த்த கண்ணாடியால் ஆன ஒரு திரையை வைக்கவேண்டும். இப்போது ஆடியினை

நகர்த்தி, தொலைவிலுள்ள மரம், அல்லது விளக்குக் கம்பம் போன்ற ஒரு பொருளின் தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப் பட்ட பிம்பம் விழும்படிச் செய்யவேண்டும். பொருள் தொலைவி லுள்ளதால் அதிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறத்தாழ இணையான வையே எனக்கொள்ளலாமாதலான் பிம்பம் ஏறத்தாழ குவி யத்தில் உருவாகும். எனவே, ஆடிக்கும், திரைக்கும் உள்ள தூரத்தை அளக்க அது குவிதூரமாகும்.

(ii) நேர்குத்தாக ஒளிபடுதல் முறை.

இதற்கு ஒரு பொலிவுமிக்க பொருள் தேவை. ஒரு வெள்ளைத் திரையின்மீது துளையிட்டு அதில் ஒரு சிறு கம்பி வலையிணைப் பொருத்தி, பின்னிருந்து ஒரு விளக்கால் ஒளியூட்டி, இந்தக்கம்பி வலையைப் பொருளாகப் பயன்படுத்தலாம்.

ஆடியை 'V' தாங்கியின்மீது செங்குத்தாகப் பொருத்தி மேற்கூறிய பொருளின் முன்னால் வைத்து முன்னும் பின்னும்



படம் 6·32

நகர்த்தி பொருளுக்குப் பக்கத்திலேயே தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் உண்டாகும்படிச் செய்யவேண் டும். பொருளானது வளைவு மையத்தில் இருந்தால்தான் பிம்பமும் அதன் பக்கத்திலேயே இருக்கமுடியும். இந்த நிலையில் பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் யாவும் ஆடியின்மீது நேர்குத்தாகப் படும். இப்போது பொருளுக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தூரம் வளைவு ஆரம் (r) ஆகும். இதனை அளந்து அதில் பாதியை எடுத்துக்கொண்டால் அதுவே குவிதூரம் f.

(iii) $u-v$ முறை

ஆடியை V-தாங்கியில் செங்குத்தாகப் பொருத்தி அதனை முன் விவரித்த பொருளின் முன்னால் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (u) (u ஆனது f ஐ விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்) வைத்து ஆடிக்கு முன்னாலேயே ஒரு திரையை வைத்து, திரையினை

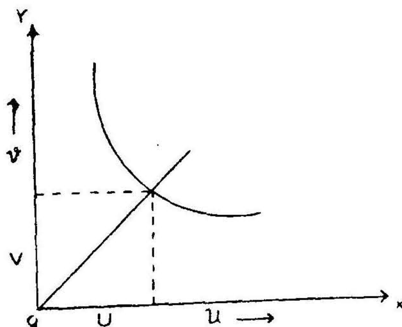
முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி, ஒரு தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் அதன் மீது விழும்படிச் செய்யவேண்டும். ஆடியிலிருந்து திரையின் தூரத்தை (v) அளந்துகொள்ள வேண்டும். $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி குவிதூரம் f ஐக் கண்டுவிடலாம். u ன் மதிப்பை மாற்றி (சில மதிப்புகள் f க்கும் $2f$ க்கும் இடையிலும் சில $2f$ க்கு மேலும் இருக்கும்படி வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்) சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்யலாம். எடுத்த அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தி f ன் சராசரி மதிப்பைக் கண்டுகொள்ளலாம்.

எண்	u செ. மீ.	v செ. மீ.	$f=\frac{uv}{u+v}$ செ. மீ.
		சராசரி =	

(iv) வரைபட முறை

மேலே எடுத்த u, v அளவுகளைப் பயன்படுத்தி u க்கும் v க்கும் இடையே ஒரு வரைபடம் வரைய வேண்டும். இதில் u க்கும் v க்கும் ஒரே ஆடியினையும் (origin) ஒரே அளவுத்திட்டத்தினையும் கையாள வேண்டும். இந்த வரைபடம் படம் 6·33-ல் காட்டியவாறிருக்கும். இப்போது XOY-ன் சமவெட்டி (bisector)

வரைய அது இந்த $(u-v)$ கோட்டினை P-ல் வெட்டும். P-ன் அளவுகள் U, V ஆனால், அவை சமமாக இருக்கும். எனவே,



படம் 6·33

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{U} + \frac{1}{U} = \frac{2}{U} \quad \text{அல்லது}, f = \frac{U}{2} = \frac{V}{2}$$

இதிலிருந்து f-ஐக் கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 40 செ.மீ. வளைவு ஆரமுடைய ஒரு குழி ஆடியின் முன்பு 30 செ.மீ. தூரத்தில் 2 அங்குல உயரமுடைய ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் பிம்பம் எங்கிருக்கும்? அதன் தன்மை யாது?

$r = 40$ செ.மீ எனவே, $f = \frac{40}{2} = 20$ செ.மீ.

$u = 30$ செ.மீ. $\qquad v = ?$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்த

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{v}$$

அல்லது, $\frac{1}{v} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60}$

அல்லது, $v = 60$ செ.மீ.

உருப் பெருக்கம் $m = \frac{v}{u} = \frac{60}{30} = 2.$

ஆனல், உருப்பெருக்கம் $m = \frac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}}$

எனவே, பிம்பத்தின் அளவு $= m \times$ பொருளின் அளவு

$= 2 \times 2 = 4$ அங்குலம்.

v-ன் மதிப்பு நேர்குறி உடையதாயுள்ளதால் பிம்பம் மெய் பிம்பம். எனவே, 4 அங்குல உயரமுடைய, தலைகீழ், மெய் பிம்பம் ஆடியின் முன்னல் 60 செ.மீ. தூரத்தில் இருக்கும்.

(2) 30 செ.மீ. ஆரமுடைய ஒரு குழி ஆடியின் முன்னல் எவ்வளவு தூரத்தில் ஒரு பொருளை வைத்தால் அதைப் போன்று மும்மடங்கு உள்ள பிம்பம் கிடைக்கும்?

குழி ஆடியில் F-க்கும் C-க்கும் இடையில் வைத்தால் பெரிதான மெய் பிம்பமும், F-க்குள் வைத்தால் பெரிதான மாய பிம்பமும் கிடைக்கும். எனவே, இரண்டையும் பார்க்க வேண்டும்.

(அ) மெய் பிம்பம்: இப்போது u, v இரண்டுமே நேர்குறி உடையன. உருப்பெருக்கம் 3 எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால்,

$$m = \frac{v}{u} = 3$$

அல்லது, $v = 3u.$

எனவே, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ என்ற வாய்பாட்டைக் கையாள

$$\frac{1}{3u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{30/2}$$

அல்லது, $\frac{1+3}{3u} = \frac{1}{15}$

அல்லது, $3u = 60$

அல்லது, $u = 20$ செ.மீ.

(ஆ) மாயபிம்பம்: இப்போது u எதிர்க்குறி உடையது.
எனவே, $v = 3u.$

எனவே, $$\frac{1}{-3u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{15}$$

அல்லது, $$\frac{-1+3}{3u} = \frac{1}{15}$$

அல்லது, $3u = 30$

அல்லது, $u = 10$ செ.மீ.

(3) 8 செ.மீ. குவிதூரமுடைய ஒரு குவி ஆடியின் முன்னால் 24 செ.மீ. தூரத்தில் 3 அங்குல உயரமுடைய ஒரு பொருள் உள்ளது. அதன் பிம்பம் எங்கே இருக்கும்? அதன் தன்மை யாது?

$f = -8$ செ.மீ., $u = +24$ செ.மீ., $v = ?$

$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்த

$$\frac{1}{24} + \frac{1}{v} = -\frac{1}{8}$$

அல்லது, $$\frac{1}{v} = -\frac{1}{8} - \frac{1}{24} = \frac{-3-1}{24} = -\frac{4}{24}$$
$$= -\frac{1}{6}$$

அல்லது, $v = -6$ செ.மீ.

எனவே, மாயபிம்பம்.

உருப்பெருக்கம், $m = \frac{v}{u} = -\frac{6}{24} = -\frac{1}{4}$

பிம்பம் மாயம் என்பதனையே எதிர்க்குறி குறிக்கின்றது.

பிம்பத்தின் அளவு $= m \times$ பொருளின் அளவு.

எனவே, பிம்பத்தின் அளவு $= \frac{1}{4} \times 3 = \frac{3}{4} = 0{\cdot}75''$

எனவே, 0·75 அங்குல அளவுடைய, நேர், மாய பிம்பம் ஆடியின் பின்னால் 6 செ.மீ. தூரத்தில் இருக்கும்.

(4) ஒரு கோள ஆடியானது அதன் முன்னே 50 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள ஒரு பொருளின் பிம்பத்தை அதன் பின்னே

10 செ.மீ. தூரத்தில் உருவாக்குகிறது. அந்த ஆடியின் தன்மையும் ஆரமும் யாவை ?

$u=50$ செ.மீ. பிம்பம் பின்னுல் உருவாவதால் மாயபிம்பம். எனவே, $v = -10$ செ.மீ.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$ என்பதைப் பயன்படுத்த

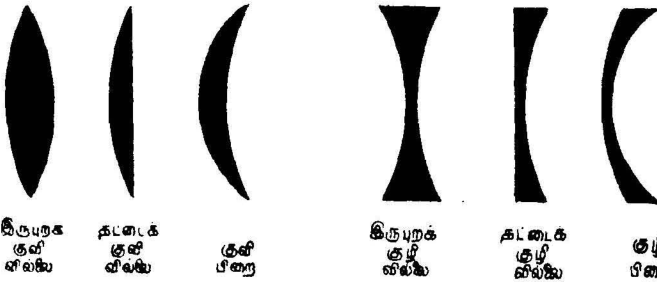
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{50} - \frac{1}{10} = \frac{1-5}{50} = -\frac{4}{50}$$

அல்லது, $$f = -\frac{50}{4} = -12{\cdot}5 \text{ செ.மீ.}$$

f-ன் மதிப்பு எதிர்க்குறி உடையதாக இருப்பதால் இது குவி ஆடி. இதன் ஆரம் $=2f=25$ செ.மீ.

வில்லைகள்

ஒரு ஒளிபுகும் பொருளின் குறைந்தது ஒரு பக்கமாவது வளைபரப்பாக இருக்குமானுல் அது வில்லை (lens) எனப்படும். மற்றொருபுறம் தட்டையாக (சமதளமாக) இருக்கலாம், அல்லது அதுவும் வளைபரப்பாக இருக்கலாம். இரு புறமும்



படம் 6·34

குவிந்து பரப்புகளைக் கொண்டதாக இருந்தால் இருபுறக் குவி வில்லை (Bi-Convex lens) எனவும், ஒரு புறம் குவிந்தும் மறுபுறம் தட்டையாகவும் இருந்தால் தட்டைக் குவிவில்லை (plano-convex lens) எனவும், நடுவில் பருத்தும் இரு முனைகளிலும் சிறுத்தும் ஒரு புறம் குவிந்து மறுபுறம் குழிந்தும் உள்ள வில்லை குவிபிறை (Convex-meniscus) எனவும் அழைக்கப்பெறும். இவை

மூன்றும் இதன்மீது படும் இணைகதிர்களை விலகலடைந்தபின் குவியச் செய்யும். எனவே, இவை குவிக்கும் வில்லைகள் (Converging lenses) எனப்படும். அவ்வாறன்றி கதிர்களை விரிந்து செல்லச் செய்யும் வில்லைகளும் உள்ளன. இவை விரிக்கும் வில்லைகள் (Diverging lenses) எனப்படும். இருபுறக்குழி வில்லை (Bi-Concave lens), தட்டைக்குழி வில்லை (Plano Concave lens), குழிபிறை (Concave-meniscus) ஆகிய இம்மூன்றும் விரிக்கும் வில்லைகளே.

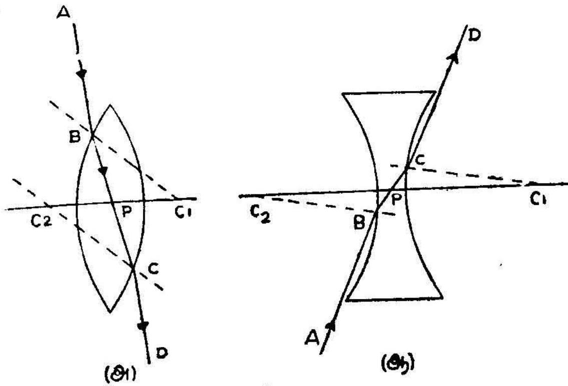
ஒரு வில்லையின் மேற்பரப்புகள் எக்கோளங்களின் பகுதிகளாக அமைகின்றனவோ அவற்றின் மையங்களே அப்பரப்புகளின் வளைவு மையங்கள் (Centres of curvature) எனப்படும்.

ஒரு வில்லையின் மேற்பரப்புகள் எக்கோளங்களின் பகுதிகளாக அமைகின்றனவோ அவற்றின் ஆரங்களே அப்பரப்புகளின் வளைவு ஆரங்கள் எனப்படும்.

ஒரு வில்லையின் இரு மேற்பரப்புகளின் வளைவு மையங்களின் ஊடு செல்லும் நேர்கோடு அவ்வில்லையின் முதன்மை அச்சு (Principal axis) எனப்படும்.

வில்லையின் ஒளிமையம் (Optic centre of a lens)

ஒரு வில்லையின் மேற்பரப்புகளின் வளைவு மையங்கள் C_1, C_2 ஆனால் அவற்றின் ஊடு செல்லும் நேர்கோடு முதன்மை



படம் 6·35

அச்சாகும். இந்த முதன்மை அச்சின் வழியே செல்லும் ஒரு ஒளிககதிர் திசைமாற்றம் அடையாமல் அதேவழியில் செல்லும்.

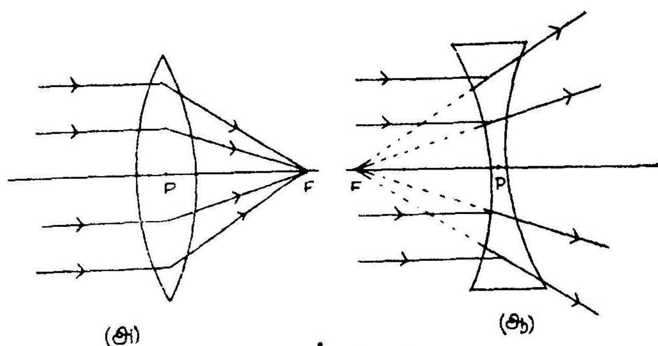
அதேபோன்று AB போன்ற ஒரு கதிர் வில்லேயின்மீது பட்டு விலகலடைந்து CD வழியே வெளிவரும்போது வெளிவரும் கதிர் படுகதிருக்கு இணையாக இருக்கிறது. இக்கதிர் வில்லே யின் உள்ளே P என்ற புள்ளியில் முதன்மை அச்சை வெட்டு கின்றது. (படம் 6·35). இந்த புள்ளி வில்லேயின் ஒளிமையம் எனப்படும். இதன் வழியே செல்லும் எந்தக் கதிரும் திசை மாற்றம் அடையாது. எனவே, ஒளிமையத்தைப் பின்கண்ட வாறு வரையறை செய்யலாம்.

ஒரு ஒளிக்கதிரானது அதன் வெளிவரும் கதிர் படுகதிருக்கு இணையாக இருக்குமாறு ஒரு வில்லேயின் ஒரு பக்கத்தின்மீது படுமானல் வில்லேயின் உள்ளே அக்கதிர் முதன்மை அச்சை வெட்டும் புள்ளியே அவ்வில்லேயின் ஒளிமையம் எனப்படும்.

ஒரு இருபுறக்குவி அல்லது குழிவில்லேயின் இரு புறங்களும் ஒரே வளைவு ஆரங்களைப் பெற்றிருக்குமானல் அதன் ஒளி மையமானது வடிவமையமே எனக் காட்டலாம்.

முதன்மைக் குவியமும் குவிதூரமும்

ஒரு வில்லேயின் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாகவும் அதனை ஒட்டியும் வரும் இணைகதிர்கள் வில்லேயின்மீது பட்டு விலகலடைந்த பின்னர் அது குவிவில்லேயானல் முதன்மை அச்சின்மீதுள்ள ஒரு



படம் 6·36

புள்ளியில் (F) குவியும் [படம் 6·36 (அ)], அல்லது குழிவில்லேயானல் முதன்மை அச்சின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து (F) விரிந்து வருவன போன்று தோன்றும். (படம் 6·36 ஆ). இந்தப் புள்ளி வில்லேயின் முதன்மைக் குவியம் (Principal focus) எனப்படும். வில்லேயின் ஒளி

மையத்திலிருந்து முதன்மைக் குவியத்தின் குவி தூரம் (focal length) எனப்படும்.

எனவே, குவி வில்லையின் குவியம் மெய்யானது என்பதும், குழிவில்லையின் குவியம் மாயம் என்பதும் தெளிவு.

ஒரு வில்லையின் குவி தூரம் அதன் பக்கங்களின் வளைவு ஆரங்கள் ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு $\frac{1}{f} = (\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$ ஆகும். எனவே, விலகுவிகிதம் $\mu=1{\cdot}5$ ஆகவுள்ள வில்லையின் இரு வளைவு ஆரங்களும் சமமாக $R_1=R_2=R$, ஆக இருக்குமானல் $f=R$ ஆகும். எனவே, f-க்கும் R-க்கும் உள்ள தொடர்பு இருபுறங்களின் வளைவையும் விலகு விகிதத்தையும் பொறுத்துள்ளது.

குறியீட்டு மரபு (Convention of signs)

ஆடிகளுக்குப் பயன்படுத்திய அதே மரபுகளைத்தான் இங்கும் கையாள வேண்டும். ஆனல், இங்கு தூரங்களை எல்லாம் வில்லையின் ஒளிமையத்திலிருந்தே அளக்க வேண்டும்.

இம்மரபுப்படி குவிவில்லையின் குவி தூரம் நேர்குறி உடையது; குழிவில்லையின் குவி தூரம் எதிர்க்குறி உடையது.

வில்லைகளால் உண்டாகும் பிம்பங்கள்

முன்போலவே இங்கும் பொருளிலிருந்து வரும் இரு கதிர்களை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அதற்குப் பின்கண்டவற்றுள் ஏதேனும் இரண்டை எடுத்துக்கொள்வது எளிது.

(1) முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் ஒரு கதிர்வில்லையில் விலகலடைந்தபின் குவியத்தின் வழி செல்லும் (குவிவில்லை) அல்லது குவியத்திலிருந்து விரிந்து வருவதுபோல் தோன்றும் (குழிவில்லை).

(2) வில்லையின் ஒளிமையத்தின் வழி செல்லும் கதிர் அதே பாதையில் தொடர்ந்து செல்லும்.

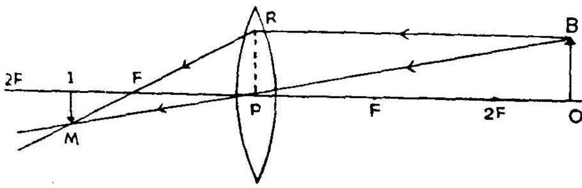
(3) வில்லையின் குவியத்தின்வழி செல்லும் கதிர் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாகச் செல்லும்.

குவி வில்லை

(1) **பொருள் வரம்பிலியில் உள்ளபோது:**

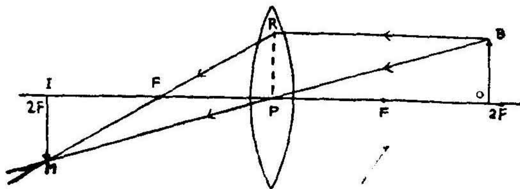
வரம்பிலியில் பொருள் இருக்குமானல் அதிலிருந்து வரும் கதிர்கள் யாவும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும். எனவே, பிம்பம் மறுபுறத்தில் குவியத்தில் தோன்றும். இது மெய்யானது, தலைகீழானது, அளவில் மிகவும் சுருங்கியது.

(2) **வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் $2f$-க்கு அப்பால் இருக்கும் போது:**



படம் 6·37

OB என்ற பொருள் குவி வில்லையின் முன்னல் $2F$–க்கு அப்பால் முதன்மை அச்சின்மீது அதற்குச் செங்குத்தாக இருக்கட்டும். இதன் B–லிருந்து புறப்பட்டு முதன்மை அச்சிற்கு நேராக வரும் கதிர் வில்லையின்மீது R–ல் பட்டு விலகலடைந்து, வெளிவந்து மறுபக்கத்தில் F வழியே செல்லும். B–லிருந்து வில்லையின் ஒளிமையத்தின் (P) வழியே செல்லும் கதிர் அதே பாதையில் தொடர்ந்து செல்லும். வெளிவரும் இரு கதிர்களும் M-ல் சந்திக்கின்றன. M-தான் B-ன் பிம்பம். M–லிருந்து முதன்மை அச்சிற்கு IM என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரைந்



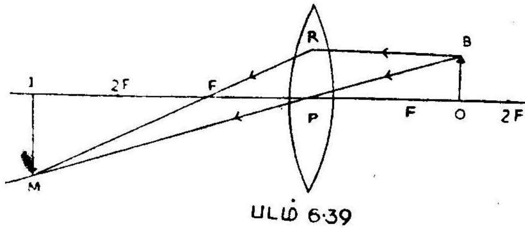
படம் 6·38

தால் சமச்சீர்படி இதுவே OB–ன் பிம்பமாகும். பிம்பம் மறு பக்கத்தில் F–க்கும் $2F$–க்கும் இடையில் உள்ளது. இது மெய் பிம்பம், தலை கீழானது, அளவில் சிறியது.

(3) **வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் $2f$ தூரத்தில் பொருள் உள்ள போது:**

பிம்பம் மறு பக்கத்தில் அதே தூரத்தில் உள்ளது. இது மெய் பிம்பம், தலைகீழானது, பொருளின் அளவே உள்ளது.

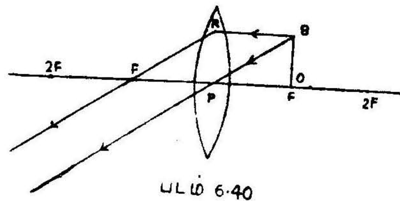
(4) வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் f க்கும் $2f$ க்கும் இடைப் பட்ட தூரத்தில் பொருள் உள்ளபோது:



படம் 6·39

பிம்பம் மறுபக்கத்தில் $2f$-க்கு அதிகமான தூரத்தில் உள்ளது. இது மெய் பிம்பம், தலைகீழானது, அளவில் பெரியது.

(5) வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் முதன்மைக் குவியத்தில் பொருள் உள்ளபோது:



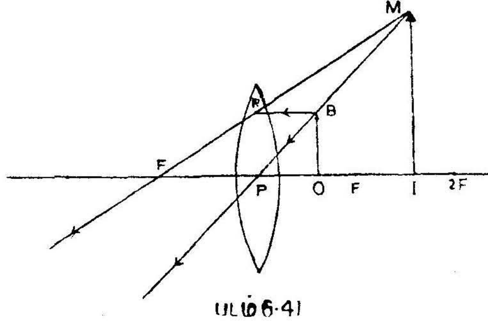
படம் 6·40

வெளிவரும் கதிர்கள் இணையாக இருப்பதால் பிம்பம் வரம்பிலியில் உருவாகும். இது மெய்யானது, தலைகீழானது, வரம்பற்ற அளவு உருப்பெருக்கம் அடைந்தது.

(6) வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் ஒளி மையத்திற்கும் குவியத் திற்கும் இடையில் பொருள் உள்ளபோது:

இங்கே, வெளிவரும் கதிர்கள் விரிந்து செல்வதால் அவை ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கா. அவற்றைப் பின்புறம் நீட்ட அவை

M-ல் சந்திக்கும். எனவே, பிம்பம் *IM*. எனவே, பிம்பம் அதே

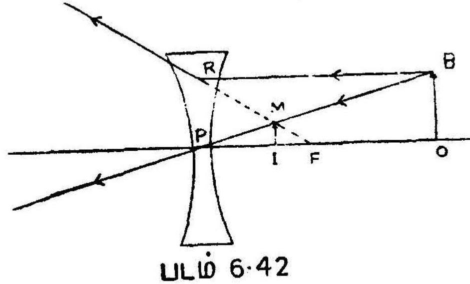


படம் 6·41

பக்கத்தில் பொருளைவிட அதிகமான தூரத்தில் உருவாகும். இது மாய பிம்பம், நேரானது. அளவில் பெரியது.

குழி வில்லை

இங்கு பொருளின் ஒரு நிலையை மட்டிலும் பார்த்தால் போதுமானது. பொருளின்மீது *B*-லிருந்து புறப்பட்டு முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் கதிர் விலகலடைந்தபின் அதே பக்கத்திலுள்ள முதன்மைக் குவியத்திலிருந்து விரிந்து



படம் 6·42

வருவதுபோலத் தோன்றும். ஒளி மையம் வழி செல்லும் கதிர் அதே பாதையில் தொடர்ந்து செல்லும். இரு கதிர்களும் அதே பக்கத்தில் (முதல் கதிரைப் பின்புறம் நீட்ட) *M*-ல் சந்திக்கின்றன. எனவே, பிம்பம் (*IM*) அதே பக்கத்தில் *F*-க்குள் உருவாகிறது. இது மாய பிம்பம், நேரானது, அளவில் சிறியது.

u, v, f ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு

f குவி தூரமுடைய ஒரு வில்லையின் முன்னால் u தூரத்தில் ஒரு பொருள் உள்ளது. இதன் பிம்பம் ஒளி மையத்திலிருந்து v தூரத்தில் உருவாகிறது. u, v, f ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள பொதுவான தொடர்பைக் காண்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட மூன்று நிலைகளைக் கவனித்தால் போதுமானது.

(1) குவி வில்லை மெய் பிம்பத்தை உருவாக்கல்.

(2) குவி வில்லை மாய பிம்பத்தை உருவாக்கல்.

(3) குழி வில்லை மெய் பிம்பத்தை உருவாக்கல்.

இவற்றிற்குப் படங்கள் 6·38, 6·41, 6·42 ஆகியவற்றை எடுத்துக் கொள்ளலாம். இவற்றிலெல்லாம் POB, PIM ஆகிய இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள் (Similar triangles). எனவே,

$$\frac{OB}{IM} = \frac{PO}{PI} \longrightarrow (1)$$

PFR, FIM இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள்.

எனவே, $$\frac{PR}{IM} = \frac{PF}{FI}$$

ஆனால், $PR = OB$. எனவே,

$$\frac{OB}{IM} = \frac{PF}{FI} \longrightarrow (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளை ஒப்பு நோக்க,

$$\frac{PO}{FI} = \frac{PF}{FI} \longrightarrow (3)$$

(i) குவி ஆடியில் மெய் பிம்பம் உருவாகும்போது, (படம் 6·38)

$$\frac{PO}{PI} = \frac{PF}{PI-PF}$$

அல்லது, $$\frac{u}{v} = \frac{f}{v-f}$$

அல்லது, $vf = uv - uf$

அல்லது, $vf + uf = uv.$

முழுவதையும் uvf ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இங்கு பொருள், பிம்பம், குவியம் யாவும் மெய்யானவை ஆனதால் u, v, f யாவும் நேர்குறி உடையன. எனவே, பொதுத் தொடர்பும் இதுதான்.

(ii) குவி வில்லையில் மாய பிம்பம் உருவாகும்போது, (3) வது சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$\frac{PO}{PI} = \frac{PF}{PF+PI}$$

அல்லது, $\frac{u}{v} = \frac{f}{f+v}$

அல்லது, $vf = uf + uv$

அல்லது. $vf - uf = uv$

முழுவதையும் uvf ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இங்கே பிம்பம் மட்டும் மாயம். எனவே v மட்டிலும் எதிர்க்குறி உடையது. எனவே, பொதுத் தொடர்பு,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

(iii) குழி வில்லையால் பிம்பம் உண்டாகும்போது, (படம் 6·42) (3) வது சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$\frac{PO}{PI} = \frac{PF}{PF-PI}$$

அல்லது, $\frac{u}{v} = \frac{f}{f-v}$

அல்லது, $vf = uf - uv$

அல்லது, $vf - uf = -uv$

முழுவதையும் uvf ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = -\frac{1}{f}$$

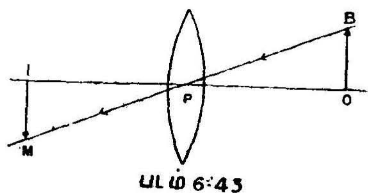
இங்கே பொருள் மட்டிலும்தான் மெய்யானது. எனவே, u, f எதிர்க்குறி உடையன. எனவே, பொதுத் தொடர்பு

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

உருப்பெருக்கம்

ஆடிகளுக்குப் பார்த்ததுபோல் இங்கும் பிம்பத்தின் உருப் பெருக்கம் என்பது பிம்பத்தின் அளவிற்கும் பொருளின் அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே. இங்கும் உருப்பெருக்கம் எனும் போது நீள்வாட்ட உருப்பெருக்கத்தையே மனதில் கொள் கிறோம்.

ஒரு வில்லையின் முன்னே முதன்மை அச்சில் செங்குத்தாக உள்ள ஒரு பொருளின் (OB) பிம்பம் (IM) எனக்கொள் வோம். பொருளின் உச்சி யிலிருந்து (B) புறப்பட்டு ஒளி மையம் (P) வழியே செல்லும் கதிர் பிம்பத்தின் உச்சி (M) வழியே செல்ல வேண்டும். POB, PIM ஆகிய இரண்டு முக்கோணங்களில்,



படம் 6·43

$\underline{|POB} = \underline{|PIM} = 90°$ (பொருளும், பிம்பமும் அச்சிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளன)

$\underline{|OPB} = \underline{|IPM}$ (குத்தெதிர் கோணங்கள்)

எனவே, இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்கள்.

எனவே, $$\frac{IM}{OB} = \frac{PI}{PO}$$

அதாவது, $\dfrac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}} = \dfrac{v}{u}$

ஆனல், $\dfrac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}}$ என்பது உருப்பெருக்கம், m.

எனவே, $m = \dfrac{v}{u}$

அல்லது, உருப்பெருக்கம்

$$= \dfrac{\text{ஒளி மையத்திலிருந்து பிம்பத்தின் தூரம்}}{\text{ஒளி மையத்திலிருந்து பொருளின் தூரம்}}$$

இது எல்லா நிலைகளுக்கும் பொருந்தும்.

சோதனை 6·9

குவி வில்லையின் குவிதூரத்தைக் காணல்

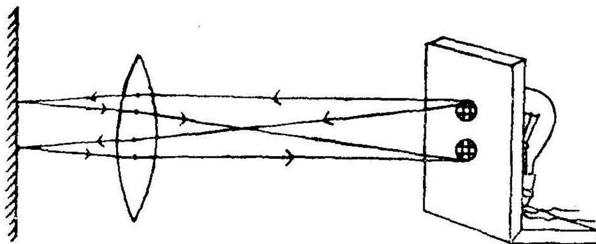
(i) தொலை தூரப் பொருள் முறை

கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையைச் செங்குத்தாக ஒரு ‘V’ வடிவத் தாங்கியில் பொருத்தி ஒரு திரையின் முன்னல் அமைக்க வேண்டும், பிறகு, வில்லையினைத் தாங்கியுடன் முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி தொலைவிலுள்ள ஒரு மரம் அல்லது விளக்குக் கம்பத்தின் தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையின்மீது விழும்படிச் செய்ய வேண்டும். பொருள் தொலைவிலிருப்பதால் அதிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறக்குறைய இணையானவை என எடுத்துக்கொள்ளலாம். எனவே, பிம்பம் குவியத்தில் உண்டாகும். எனவே, வில்லைக்கும் திரைக்கும் உள்ள தூரத்தை அளக்க வில்லையின் குவி தூரம் கிட்டும்.

(ii) சமதள ஆடி முறை

கொடுக்கப்பெற்ற குவிவில்லையினை ஒரு தாங்கியில் செங்குத்தாகப் பொருத்தி, ஒளியூட்டப்பெற்ற கம்பி வலையாலாகிய பொருளின் முன்னே நிறுத்தி, அதன் பின்னர் செங்குத்தாக ஒரு சமதள ஆடியைப் பிடித்துக் கொண்டு வில்லையினை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி பொருளின் மீதே தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் விழும்படிச் செய்ய வேண்டும். பொருளின் மீதே பிம்பம் விழுந்தால் சரியாகத் தெரியாதாகையால் சமதள ஆடியை இலேசாகச் சாய்த்தால் பிம்பம் பொருளின் பக்கத்தில் விழும். இப்போது பொருள்

குவியத்தில் இருக்க வேண்டும். ஏனெனில், பொருள் குவியத்தில் இருந்தால் அதிலிருந்து வரும் கதிர்களை வில்லை இணையாக்கும். வில்லை செங்குத்தாக உள்ளதால் இந்த இணைக்



படம் 6.44

கதிர்கள் இடையாகச் சென்று செங்குத்தான சமதள ஆடியின் மீது செங்குத்தாகப்படும். அதனால், அவை வந்த வழியிலேயே திரும்ப, வில்லை அவற்றைக் குவியத்தில் குவியச் செய்யும். எனவே, பொருளுக்கும், வில்லைக்கும் உள்ள தூரத்தை அளக்க குவி தூரம் கிட்டும்.

(iii) u–v முறை

இந்தச் சோதனையைப் பெரும்பாலும் ஒளியியல் விசிப் பலகையின் (optical bench) மீதே செய்வது வழக்கம். இது ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய ஒரு மர விசிப்பலகையாகும். இதன் மீது வில்லையினைப் பொருத்துவதற்குத் தாங்கியும், பொருளாகப் பயன்படுத்துவதற்கென ஒரு விளக்கினால் ஒளியூட்டப்பெற்ற கம்பி வலைத்துண்டு அல்லது சரி செய்து கொள்ளத்தக்க பிளவும் (slit), ஒரு திரையும் இருக்கும். இவற்றின் நிலைகளை அளந்துகொள்வதற்கு ஒரு அளவுகோல் உண்டு. திருத்தமான அளவுகளைக் காண சமயத்தில் வர்னியரும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

வில்லையை அதன் தாங்கியில் வைத்துவிட்டு, அது பொருளிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (u) இருக்குமாறு (இந்த தூரம் v ஐவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்) திரையினை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி சரிசெய்து, தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையில் விழச்செய்து வில்லையிலிருந்து திரையின் தூரத்தை (v) அளக்க வேண்டும்.

$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ எனும் வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, f ஐக் கணக்கிடலாம். uன் மதிப்பை மாற்றி (சில $2f$க்கு அதிகமாகவும் சில fக்கும் $2f$க்கும் இடையிலும் இருக்கும்படி வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்) சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து சராசரி குவிதூரத்தைக் கணக்கிடலாம். எடுத்த அளவுகளைக் குழி ஆடி சோதனையில் செய்தவாறே அட்டவணைப் படுத்தலாம்.

(iv) வரைபட முறை

குழி ஆடிக்குச் செய்தது போலவே, uக்கும் vக்கும் வரைபடம் வரைந்து fஐக் கணக்கிடலாம்.

வில்லையின் திறன் (power of a lens)

ஒரு வில்லை எந்த அளவிற்கு ஒளிக் கதிர்களைக் குவிக்கும் திறமையைப் பெற்றுள்ளதோ அதுவே அதன் திறன் எனப்படும். எனவே, விரிக்கும் வில்லைகள் எதிர்த்திறனை உடையவை என்பது உடனே விளங்கும். ஒரு வில்லையின் திறன் அதன் குவிதூரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பாகும். எனவே, குவிக்கும் வில்லையின் திறன் நேர்குறி உடையது. திறனை டையாப்டர் (dioptre) என்ற அலகினால் அளக்கிறோம். ஒரு டையாப்டர் என்பது ஒரு மீட்டர் குவிதூரமுடைய ஒரு குவிக்கும் வில்லையின் திறனாகும். எனவே. ஒரு வில்லையின் குவிதூரம் f செ.மீ. ஆனால், அதன் திறன் $= \frac{100}{f}$ டையாப்டர். நம்மைப் பொறுத்த வரையில் திறனைப் பயன்படுத்துவதில் தனி நன்மை ஏதும் இல்லையெனினும் மூக்குக் கண்ணாடி விற்பன்னர்களுக்கு இது மிகவும் பயனுடையது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. ஒரு குவிவில்லை மெய்பிம்பத்தை உண்டாக்க வேண்டுமானால், பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் குறைந்தது வில்லையின் குவிதூரத்தைப்போல் 4 மடங்காவது இருக்கவேண்டும் எனக் காண்க.

பொருளுக்கும், திரைக்கும் உள்ள இக்குறைந்த தூரம் D எனக்கொள். அப்போது $u = x$ ஆனால் $v = D - x$. இவற்றை

$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ வாய்பாட்டில், பதிலிட

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{D-x}=\frac{1}{f}$$

அல்லது, $\frac{D-x+x}{x(D-x)}=\frac{1}{f}$

அல்லது, $\frac{D}{x(D-x)}=\frac{1}{f}$

அல்லது, $xD-x^2=Df$

அல்லது, $x^2-Dx+Df=0$

எனவே, $x=\frac{-(-D)\pm\sqrt{(-D)^2-4.1.Df}}{2\cdot1}$

அல்லது, $x=\frac{D\pm\sqrt{D^2-4Df}}{2}$

xன் மதிப்பு மெய்யானதாக இருக்க வேண்டுமானால் (அதாவது, பொருளை x தூரத்தில் வைக்க, $D-x$ தூரத்தில் பிம்பம் கிட்ட வேண்டுமானால்) $D^2-4Df>0$

அல்லது, $D^2>4Df$

அல்லது, $D>4f$

2. ஒரு குறிப்பிட்ட வில்லை தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் பிம்பத்தை 10 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள திரையில் வீழ்த்துகிறது. இந்த வில்லையின் முன் 15 செ.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்படும் 4 செ.மீ. உயரமுடைய வத்திச் சுடரின் பிம்பம் எங்கிருக்கும்? அதன் தன்மை யாது?

தொலைவிலுள்ள பொருளின் பிம்பத்தை 10 செ. மீ. தூரத்தில் உருவாக்குவதால் இது ஒரு குவிவில்லை. இதன் குவிதூரம் $f=10$ செ.மீ.

$u=15$ செ.மீ.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்த,

$$\frac{1}{16}+\frac{1}{v}=\frac{1}{10}$$

அல்லது, $\frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{3-2}{30} = \frac{1}{30}$

அல்லது. $v = 30$ செ-மீ.

எனவே, உருப்பெருக்கம் $m = \frac{v}{u} = \frac{30}{15} = 2.$

எனவே, பிம்பத்தின் அளவு $= m \times$ பொருளின் அளவு.

$= 2 \times 4 = 8$ செ.மீ.

எனவே, 8 செ.மீ. உயரமுடைய, தலைகீழான, மெய்பிம்பம் வில்லையின் மறுபுறத்தில் 30 செ.மீ. தொலைவில் உருவாகும்.

3. ஒரு வில்லையின் முன் 5 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள ஒரு பொருளின் மாயபிம்பம் பொருளைப் போல் 5 மடங்கு உள்ளது.

அது என்ன வில்லை? அதன் குவிதூரம் என்ன?

$m = 5$ ஆனதால் $v = 5u.$

பிம்பம் மாயம் ஆனதால், $v = -5\ v = -\ 5 \times 5 = -25$ செ.மீ.

$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ என்பதைப் பயன்படுத்த,

$\frac{1}{f} = \frac{1}{5} - \frac{1}{25} = \frac{5-1}{25} = \frac{4}{25}$

அல்லது $f = \frac{25}{4} = 6{\cdot}25$ செ.மீ. f நேர்குறி உடையதாக உள்ளதால் இது குவிவில்லை.

4. 3 அங்குல சதுரமான ஒரு படத்தை 25 அடி தூரத்திலுள்ள ஒரு திரையின்மீது வீழ்த்துவதற்கு 12அங்குல குவிதூரமுடைய ஒரு வில்லைப் பயன்படுத்தப் பெறுகிறது. படத்தை எங்கே வைக்க வேண்டும்? திரையில் படம் எவ்வளவு பெரிதிருக்கும்?

$f = 12'' = 1$ அடி, $v = 25$ அடி, $u = ?$

$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ என்பதனைப் பயன்படுத்த

$\frac{1}{u} + \frac{1}{25} = \frac{1}{1}$

அல்லது, $\frac{1}{u} = 1 - \frac{1}{25} = \frac{25-1}{25} = \frac{24}{25}$

அல்லது, $u = \frac{25}{24}$ அடி $= \frac{25}{24} \times 12 = 12.5$ அங்குலம்

$$m = \frac{v}{u} = \frac{25}{25/24} = 24.$$

எனவே, பிம்பத்தின் அளவு = $m \times$ பொருளின் அளவு

$$= 24 \times \frac{3}{12} = 6 \text{ அடி}.$$

எனவே, வில்லையிலிருந்து திரைக்கு எதிர்ப்புறத்தில் 12.5 அங்குல தூரத்தில் படத்தை வைக்க, திரையின்மீது 6 அடி சதுரப் படம் விழும்.

5. ஒருவர் பயன்படுத்தும் வில்லையின் திறன்—2.5 டையாப்டர் ஆனால், அது என்ன வில்லை? அதன் குவிதூரம் என்ன?

$$\text{வில்லையின் திறன்} = \frac{100}{f} \text{ டையாப்டர்.}$$

எனவே, $$-2.5 = \frac{100}{f}$$

அல்லது, $$f = -\frac{100}{2.5} = -40 \text{ செ.மீ.}$$

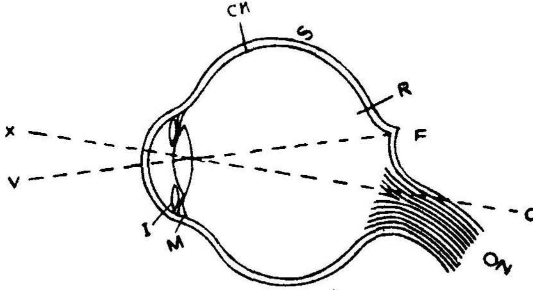
எனவே, இது 40 செ.மீ. குவிதூரமுடைய குழிவில்லை.

கண்ணும் அதன் குறைபாடுகளும்

கண்ணின் அமைப்பு

கண் விழி சுமார் 1 அங்குல விட்டமுடைய கோள வடிவானது. இது கண்ணின் குழியில் (socket) ஆறு தசைகளினால் பொறுத்தப்பட்டுள்ளது. இவை அதனைச் சுழற்றுவதற்கும் பயன்படுகின்றன. விழியின் மேலுறை (S) விழி வெளிப் படலம் (sclerotic) எனப்படும். இதன் பெரும் பகுதி அனேகமாக ஒளி புகாத நார் போன்ற திசுக்களால் ஆனது. இது முன் புறத்தில் விழிவெண்படலம் (cornea) எனப்படும் ஒளிபுகும் பிறையுடன் (C) இரண்டறச் சேருகின்றது. இவ்விழி வெண்படலம் ஏறத்

தாமு 7 மி. மீ. வளைவு ஆரமுடைய ஒரு கோளம் எனக் கருத லாம். இதன் விலகு விகிதம் ஏறக்குறைய 1·36 விழி வெளிப் படலத்தின் உட்புறம் விழியடிக் கரும் படலம் (choroid) (ch) எனப் படும். இது ஆழ்ந்த வண்ணமுடைய ஒரு சவ்வினால் மூடப்பட் டுள்ளது. கண்ணின் நிறமுடைய பகுதியான கருவிழியுடன் (iris) (I) விழி வெளிப்படலம் இரண்டறச் சேருகின்றது. இது



படம் 6·45

ஓர் இடைத்திரையாகப் (diaphragm) பயன்படுகிறது. இதன் மையத்திலுள்ள துளை பாவை (pupil) எனப்படும். L என்பது ஒரு படிகவில்லை (crystalline lens). இது தொங்கும் எலும்பினைத் தசை நார்களால் (suspensory ligaments) (M) கண்ணின் சுவரு டன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. படிக வில்லைக்கும் விழிவெண் படலத்திற்கும் இடையில் ஒரு நீர்த்த திரவமாகிய முன் கண் ரசம் (aqueous humour) உள்ளது. வில்லைக்கும் கண்ணின் உட் பரப்பிற்கும் இடையில் பின் கண் ரசம் (vitreous humour) எனப் படும் ஓர் ஒளிபுகும் பாகு (jelly) உள்ளது. விழி வெண்படலம். படிகவில்லை ஆகியவற்றின் மையங்களின் வழியே செல்லும் (OX) எனும் நேர்கோடு கண்ணின் ஒளி அச்சு (optic axis) எனப் படும். கண்ணின் பார்வை அச்சினை (visual axis) (FV) எனும் கோடு குறிக்கின்றது. இத்திசையில் பார்த்தால், பொருள்கள் தெளிவாகத் தெரியும்.

கண்ணின் உட்பரப்பு பல நரம்பிழைகளாலும் (nerve fibres) இரத்தக் குழாய்களாலும் நிறைந்து உள்ளது. கிட்டத் தட்ட ஒளிபுகும் ஒரு சவ்வினால் மூடப்பட்டுள்ளது. இது (R) விழித்திரை (Retina) எனப்படும். கண்ணின் ஒளியுணரும் பகுதி இதுவே. நரம்பிழை முடிவுகளில் கோல்கள், கூம்புகள் (rods and cones) என இருவகை உள்ளன. கண்ணின் பார்வை

அச்சு விழித்திரையை வெட்டும் இடம்தான் மிகவும் ஒளி உணர்வுடைய பகுதியாகும். இது விழிக்குழி (Fovea centralis) எனப்படும். இதனைச் சூழ்ந்துள்ள பகுதி மஞ்சட் புள்ளி (yellow spot) எனப்படும். நேராகப் பார்க்கின்ற ஒரு பொருளினது பிம்பம் இங்கே மிகவும் கூர்மையாக உருவாகும். எனவே தான் பொருள்களை நேராகப் பார்ப்பதற்காக கண்ணை நகர்த்துகிறோம். மஞ்சட் புள்ளியானது பெரும்பாலும் கூம்புகளினுலேயே நிரம்பி இருக்கும். பார்வை நரம்பு (optic nerve) (*ON*) கண்ணோடு சேரும் இடம் ஒளி உணர்ச்சி உடையதன்று. இது குருட்டுப்புள்ளி (Blind Spot) எனப்படும். பிம்பம் இங்கு விழுந்தால் நாம் அதை உணர முடியாது.

கண் பார்க்கும் பொருள்களின் பிம்பம் விழித்திரையில் தலைகீழாகத்தான் விழுகிறது. ஆனால், பார்வை நரம்பின் துணையினுல் மூளை நேரான பிம்பத்தைப் பார்க்கும்படிச் செய்கிறது.

ஒரு இயல்பான கண் அதற்கு 25 செ. மீ. தூரத்திலிருந்து வரம்பிலி வரையுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காணும் பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்கக் கூடிய மிகவும் குறைந்த தூரம் தெளிவுப் பார்வையின் சிறுமதூரம் (Least distance of distinctvision) எனப்படும். கண்ணிலிருந்து இந்த தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளி கிட்டப்புள்ளி (Near point) எனப்படும். குறைப்பாடற்ற, சாதாரண கண் வரம்பிலிவரை பார்க்கக் கூடுமாதலான் வரம்பிலிதான் கண்ணின் தொலைப்புள்ளி (Far point).

கண் பொருள்களைப் பார்க்கும்போது, பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களைத் திரையின்மீது குவிக்கிறது. வெவ்வேறு தொலைவிலுள்ள பொருள்களின் பிம்பங்கள் தூரங்களில் விழுமானதால் அவற்றைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியாது போய் விடுமல்லவா ? ஆனுல், கண்ணுனது சிலியரைத் தசைகள் (ciliary muscles) எனப்படும் தசைகளால் படிகவில்லையின் குவி தூரத்தை மாற்றிக்கொண்டு கிட்டப்புள்ளியிலிருந்து தொலைப் புள்ளி வரையுள்ள பொருள்களின் பிம்பங்களைத் திரையின் மீதே வீழ்த்துகிறது. இந்த ஏற்பாட்டிற்குக் கண்ணின் தக அமைப்பு (Accomodation) எனப்படும்.

கண் ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது தொலைவிலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்கிறது. ஆனுல், அருகிலுள்ள பொருள் களைப் பார்ப்பதற்குத் தக அமைப்புத் தேவைப்படுகிறது.

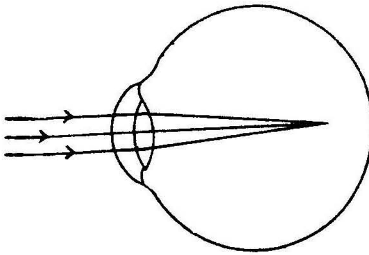
இதனுல்தான் நீண்ட நேரம் படித்தால் கண் களைப்படைகிறது.

பார்வை ஊனங்களும் அவற்றைத் திருத்துதலும்

வயதின் காரணமாகவோ அல்லது வேறு காரணங்களாலோ பார்வை ஊனமடையலாம். கிட்டப்பார்வை (Myopia or short sight) தூரப்பார்வை (Hypermetropia or long sight), பார்வை மூப்பு (Presbyopia), உருட்சிப் பிழை (Astigmatism) ஆகிய நான்கும் தலையாய ஊனங்கள் ஆகும். இவற்றுள் முதல் இரண்டினை மட்டிலும் பார்ப்போம்.

கிட்டப் பார்வை

கிட்டப் பார்வை உடைய ஒரு மனிதன் அருகிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்கக்கூடும். ஆனுல், தொலைவிலுள்ள பொருள்கள் புலப்படா. இவ்வூனமுடைய கண்ணின் கிட்டப்புள்ளி இயல்பான தூரத்தை விட (25 செ. மீ.) குறைவாக இருக்கும். இதனுல் நன்மை ஏதுமில்லை. தொலைப் புள்ளி வரம்பிலிக்குப் பதிலாக ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் இருக்கும். இந்த ஊனமுடைய கண்ணின் விழிக் கோளம் நீண்டிருக்குமாதலான் வரம்பிலியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் விழித் திரைக்கு முன்னுலேயே குவிந்துவிடுகின்றன. எனவே

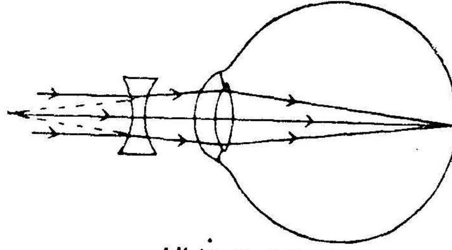


படம் 6·46

ஒரு விரிக்கும் வில்லையினைப் பயன்படுத்தி இக்கதிர்களை விழித் திரையின்மீது குவிப்பதன் வாயிலாக இக்குறையைத் திருத்தலாம். தொலைவிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க வேண்டுமானுல் நாம் பயன்படுத்தும் குழி வில்லை பொருளின் மாய பிம்பத்தை இக்கண்ணின் தொலைப் புள்ளியில் உருவாக்கவேண்டும். படம் 6·47. எனவே, கிட்டப் பார்வையைத் திருத்தப் பயன்படும் குழிவில்லையின் குவி தூரம் அக்கண்ணினது தொலைப் புள்ளியானது கண்ணிலிருந்து உள்ள தூரத்திற்குச் சமமென்பது தெளிவு.

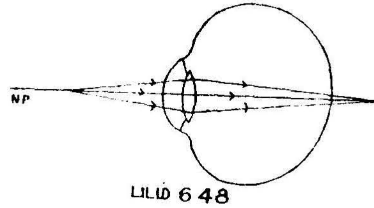
தூரப்பார்வை

இந்த ஊனமுடையவர்கட்குத்தொலைவிலுள்ளபொருள்கள் தெளிவாகத் தெரியும்; ஆனால் அருகிலுள்ள பொருள்கள் தெரியாது. சற்று தூரத்திலுள்ள பொருள்களையும் தகஅமைப்

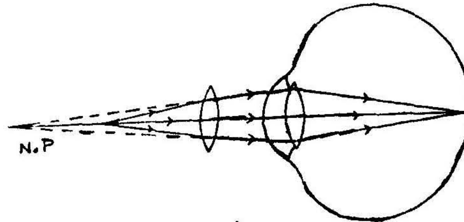


படம் 6·47

பினாலேயே பார்க்க முடியும். இக்கண்ணின் தொலைப்புள்ளி வரம்பிலியிலேயே இருக்கும். ஆனால், கிட்டப்புள்ளி 25 செ.மீ.-ஐ விட அதிகமான தூரத்தில் இருக்கும். விழிக்குழி நீளம் குறைந்து விடுவதால் இக் குறை ஏற்படுகிறது. இத னால் அருகிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் விழித்திரை யின் பின்னே உருவாகின் றன. எனவே, அவற்றைத் திரையின்மீது வீழ்த்த வேண்டுமானால் ஒரு குவிக் கும் வில்லைப்பயன்படுத்த வேண்டும். அருகிலுள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள்



படம் 6 48



படம் 6·49

திருத்தும் குவிவில்லையில் விலகலடைவதால் ஊனமுடையக்

கண்ணின் கிட்டப் புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றச் செய்ய வேண்டும். (படம் 6·49.)

இந்த ஊனமுடையவர்கள் தொலை பொருட்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியுமானதால் படிப்பது போன்றவற்றிற்கு மட்டில் கண்ணாடி போட்டால் போதுமானது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) கிட்டப் பார்வையுடைய ஒரு மனிதன் 80 செ. மீ.–க்கு மேற்பட்ட தூரங்களில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியவில்லை. இக்குறையைத் தீர்க்க அவன் பயன் படுத்தவேண்டிய மூக்குக் கண்ணாடியின் திறனைக் கணக்கிடு.

அருகிலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்கக் கண்ணாடித் தேவை இல்லை. தொலைவிலுள்ள பொருள்களிலிருந்து வரும் இணை கதிர்களை கண்ணாடி வில்லை 80 செ. மீ. தூரத்திலிருந்து வருவன போன்று காட்ட வேண்டும். எனவே, இந்த வில்லை ஒரு குழி வில்லை. இதன் குவிதூரம் $f = 80$ செ.மீ.

எனவே, இதன் திறன் $= \frac{100}{f}$ டையாப்டர்

$$= \frac{100}{-80} = 1.25 \text{ டையாப்டர்}$$

2. தூரப் பார்வை உடைய ஒரு மனிதனல் 50 செ.மீ. க்குக் குறைந்த தூரங்களில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியவில்லை. 25 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள நூலைப் படிக்க அவன் என்ன வில்லையைக் கையாள வேண்டும்?

2 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள நூலின் மாய பிம்பத்தை 50 செ.மீ. தூரத்தில் உண்டாக்கும் கண்ணாடியைக் கையாள வேண்டும். எனவே,

$u = 25$ செ.மீ; $v = -50$ செ.மீ; $f = ?$

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \text{ ஆனதால்,}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{50} = \frac{2-1}{50} = \frac{1}{50}$$

அல்லது, $f = 50$ செ.மீ.

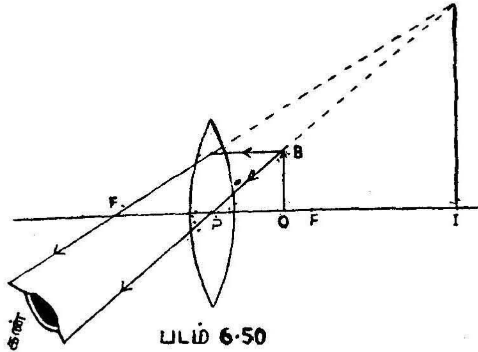
எனவே, வில்லையின் திறன் $= \frac{100}{f_1} = \frac{100}{50} = 2$ டையாப்டர்.

இது ஒரு குவிவில்லை.

ஒளியியல் கருவிகள்

தனி நுண்ணோக்கி (simple microscope)

ஒரு பொருள் கண்ணை விட்டு விலகிச் செல்லச் செல்ல அதன் உருவம் சிறிதாகிக் கொண்டே செல்வது போலத் தோன்றும். எனவே, அது கண்ணுக்கு எவ்வளவுக் கெவ்வளவு அருகில் இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு பெரியதாகத் தெரியும். ஆனால், சாதாரணமாகக் கண் கிட்டப் புள்ளிக்கு உள்ளே உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காணமுடியாது. எனவே, சிறு அச்சு எழுத்துக்கள் போன்றவற்றைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்கு ஒரு குவிவில்லையைப் பயன்படுத்தி



படம் 6·50

பொருளின் மாய பிம்பம் கிட்டப் புள்ளியில் இருக்குமாறு செய்தால் அது உருப்பெருக்கம் அடைந்து காணப்படும். இவ்வாறு பயன்படுத்தப் பெறும் ஒரு குவிவில்லை தனி நுண்ணோக்கி அல்லது உருப்பெருக்கும் கண்ணாடி (magnifying glass) எனப்படும். இது பிம்பத்தை உருவாக்கும்போது ஒளிக் கதிர்களின் பாதைகளைப் படம் 6.50 விளக்குகிறது.

ஒரு பொருளைப் பார்க்கும்போது கண்ணுக்குப் புலனாகும் அளவு அப்பொருள் கண்ணில் தாங்கும் கோணத்தையே சார்ந்துள்ளதால், எந்த ஒரு நுண்ணோக்கிக்கும் உருப் பெருக்கும் திறன் (magnifying power) கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

பிம்பம் கண்ணின் கிட்டப் புள்ளியில் இருக்கும்போது அது கண்ணில் தாங்கும் கோணத்திற்கும், பொருளை கிட்டப் புள்ளியில் வைத்தால் அது கண்ணில் எவ்வளவு கோணத்தைத் தாங்குமோ அதற்கும் உள்ள விகிதமே ஒரு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கும் திறன் எனப்படும்.

மிகச் சிறு பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கே தனி நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்துவதால் அவை தாங்கும் கோணங்கள் சிறிதாக இருக்கும். எனவே, $\theta = \tan\theta$ என எடுத்துக் கொள்ளலாம். எனவே, பொருள் கண்ணில் தாங்கும் கோணம், (பொருள் வில்லையில் தாங்கும் கோணத்திற்குச் சமமென எடுத்துக்கொள்ளலாமாதலால்) $= \tan IPM = \frac{IM}{PI}$

அதேபோல், பொருள் $N.P$-ல் இருந்தால் அது கண்ணில் தாங்கும் கோணம் $= \frac{OB}{PI}$ எனவே,

$$\text{உருப்பெருக்கும் திறன்} = \frac{\text{கிட்டப்புள்ளியில் உள்ள பிம்பம் கண்ணில் தாங்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் கிட்டப்புள்ளியில் இருந்தால் கண்ணில் தாங்கும் கோணம்}}$$

$$= \frac{IM/PI}{OB/PI} = \frac{IM}{OB} = \text{நீள் வாட்ட உருப்பெருக்கம்}$$

$$\text{எனவே, உருப்பெருக்கம் திறன்} = \frac{IM}{OB} = \frac{v}{u}$$

இப்போது, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ஆனதால்,

$$\frac{v}{u} + \frac{v}{(-v)} = \frac{v}{f} \quad \text{(பிம்பம் மாயம்)}$$

அல்லது, $m - 1 = \frac{v}{f}$

அல்லது, $m = 1 + \frac{v}{f}$

v ஆனது தெளிவுப் பார்வையின் சிறுமதூரம் D ஆனதால்

$$m = 1 + \frac{D}{f}$$

எடுத்துக்காட்டு

1. தெளிவுப் பார்வையின் சிறுமதூரம் 25 செ.மீ. ஆனால் 5 செ.மீ. குவிதூரமுடைய ஒரு குவிவில்லையைத் தனி நுண்ணோக்கியாகப் பயன்படுத்தினால் அதன் உருப்பெருக்கும் திறன் என்ன ?

$D = 25$ செ.மீ. $f = 5$ செ.மீ. எனவே, உருப்பெருக்கும்

திறன், $m = 1 + \frac{D}{f}$

அல்லது, $m = 1 + \frac{25}{5} = 1 + 5 = 6.$

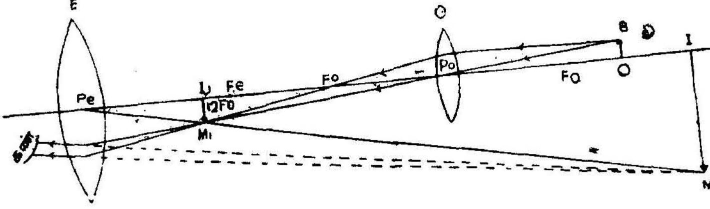
கூட்டு நுண்ணோக்கி (compound microscope)

1 செ.மீ.க்குக் குறைந்த குவிதூரமுடைய வில்லைகளைச் செய்வது பெரும் தொல்லை ஆதலால், ஒரு தனி நுண்ணோக்கி யின் உருப்பெருக்கும் திறன் 26க்கு மேல் இருக்க முடியாது. எனவே, இதனினும் உயர்ந்த உருப்பெருக்கும் திறன்கள் வேண்டின் ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

இது குறைந்த குவிதூரமுடைய இரு குவிவில்லை களால் ஆனது. இவை ஒன்றினுள் ஒன்று நழுவிச் செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்ட இரு பித்தளைக் குழாய்களின் வெளி முனை களில் முனைக்கொன்றாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எனவே, இவற்றிற்கு இடையே உள்ள தூரத்தை சரி செய்து கொள்ள லாம். இரண்டிலும் குறைந்த குவிதூரமுடைய வில்லையை பொருளை நோக்கி வைத்து மற்றதின் அருகே கண்ணை வைத்துப் பார்ப்பது வழக்கம். பொருளுக்கு அருகிலுள்ள வில்லை பொருள் பகுதி வில்லை (objective) எனவும், கண்ணுக்கு அருகில் உள்ளது கண் பகுதி வில்லை (eye-piece) எனவும், அழைக்கப்பெறும்.

இது எவ்வாறு வேலை செய்கிறது என்பதனை படம் 6·51 விளக்குகிறது. பொருள் பகுதி வில்லையின் (O) முதன்மைக் குவியத்திற்கு (Fo) சற்று தள்ளி பொருள் (OB) வைக்கப் படுகிறது. இதன் பிம்பம் பொருள் பகுதி வில்லையின் மறுபுறம் $2Fo$க்கு அப்பால் தலைகீழாக விழுகிறது (I_1M_1). இது கண்பகுதி வில்லையின் முதன்மைக் குவியத்திற்குள் (Fe) விழும்படிச்செய்

தால் IM என்ற இறுதி மாய பிம்பம் உண்டாகும். இது கண்ணின் கிட்டப் புள்ளியில் இருக்குமாறு சரி செய்து கொள்ளலாம்.



படம் 6·51

பொருள் பகுதி வில்லையானது ஒரு உருப்பெருக்கத்தை உண்டாக்குகிறது. இது $m_0 = P_0O/P_0I_1$ ஆகும். அடுத்து, இந்த பெருக்கமடைந்த பிம்பத்தை மீண்டும் உருப்பெருக்கமடையச் செய்கிறது. இது உண்டாக்கும் உருப்பெருக்கம்,

$me = 1 + \frac{D}{fe}$ (இது ஒரு தனி நுண்ணோக்கியாகச் செயல்படுவதால்.) எனவே, கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம் $= mo \times me$.

எடுத்துக்காட்டு

(1) ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் இரு வில்லைகளின் குவி தூரங்கள் 0·5 அங்குலம், 1·0 அங்குலம். பொருள்பகுதி வில்லையிலிருந்து $\frac{9}{16}$ அங்குல தூரத்தில் ஒரு பொருளை வைக்க கண்ணிலிருந்து 10 அங்குல தூரத்தில் இறுதி பிம்பம் உருவாகிறது. இரு வில்லைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன? மொத்த உருப்பெருக்கும் திறன் என்ன?

இரண்டிலும் குறைந்த குவிதூரமுடையதே பொருள் பகுதி வில்லையானதால், $fo = 0·5$ அங்குலம், $fe = 1$ அங்குலம்.

படம் 6·51-ஐ எடுத்துக்கொள்ள,

O-ல் விலகலுக்கு,

$$\frac{1}{uo} + \frac{1}{vo} + \frac{1}{fo}$$

அல்லது, $$\frac{1}{9/16} + \frac{1}{vo} = \frac{1}{1/2}$$

அல்லது, $$\frac{1}{vo} = 2 - \frac{16}{9} = \frac{18-16}{9} = \frac{2}{9}$$

அல்லது, $$PoI_1 = vo = \frac{9}{2} = 4{\cdot}5 \text{ அங்குலம்} \longrightarrow (1)$$

O உண்டாக்கும் உருப்பெருக்கம் $mo = \frac{vo}{uo} = \frac{4{\cdot}5}{9/16}$

$$= 8 \longrightarrow (2)$$

E-ல் விலகலுக்கு,

$$\frac{1}{ue} + \frac{1}{ve} = \frac{1}{fe}$$

அல்லது, $$\frac{1}{ue} + \frac{1}{-10} = \frac{1}{1}$$

அல்லது, $$\frac{1}{ue} = 1 + \frac{1}{10} = \frac{11}{10}$$

அல்லது, $$PeI_1 = ue = \frac{10}{11} = 0{\cdot}909 \text{ அங்குலம்} \longrightarrow (3)$$

E உண்டாக்கும் உருப்பெருக்கம் me $= \frac{ve}{ue}$ அல்லது $1 + \frac{D}{fe}$

$= \frac{1/10}{10/11}$ அல்லது $1 + \frac{=10}{1}$

$= 11$

எனவே, இரு வில்லைகளுக்கும் உள்ள தூரம் $= PoI_1 + PeI_1$

$= 4{\cdot}5 + 0{\cdot}909$

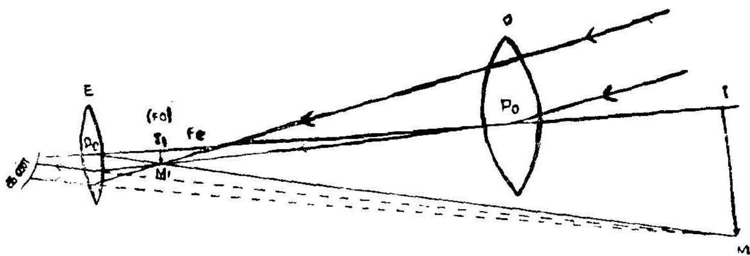
$= 5{\cdot}409$ அங்குலம்.

உருப்பெருக்கும் திறன் $= mo \times me$

$= 8 \times 11 = 88$

வானியல் தொலைநோக்கி (Astronomical telescope)

வெகு தொலைவிலுள்ள வான் பொருட்களைப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படும் கருவி வானியல் தொலைநோக்கி எனப்



படம் 6·52

படும். நீண்ட குவிதூரமுடைய ஒரு குவிவில்லை (O) பொருள் பகுதி வில்லையாகவும், குறைந்த குவிதூரமுடைய ஒரு குவி வில்லை (E) கண் பகுதி வில்லையாகவும் பயன்படுகின்றன. இவை, ஒன்றுக்குள் ஒன்றாக நழுவிச் செல்லும்படி அமைக்கப் பட்ட இரு பித்தளைக் குழாய்களின் வெளி முனைகளில் பொருத் தப்பட்டிருக்கும். இதனால் இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை சரிசெய்து கொள்ளலாம்.

இது வேலைசெய்யும் முறை படம் 6·52-ல் விளக்கப் பட்டுள்ளது. வெகு தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள் பொருள் பகுதி வில்லையின் குவியத்தில் (Fo) குவியுமாதலால், மிகச்சிறிய தலைகீழான பிம்பம் I_1M_1 உண்டா கிறது. இது கண் பகுதி வில்லையின் குவியத்திற்குள் (Fe) விழுமாறு செய்தால் ஒரு பெரிய மாய பிம்பம் (IM) உண்டாகும். இந்த அறுதி பிம்பத்தை கண்ணின் கிட்டப்புள்ளியில் இருக்கு மாறு செய்தால் தெளிவான பிம்பத்தைப் பார்க்கலாம். ஆனால், வானியல் தொலை நோக்கிகளில் இறுதி பிம்பம் (IM) வரம் பிலியில் உருவாகும்படிச் செய்து மிகப் பெரிய உருப்பெருக்கம் அடையப்படுகிறது. இப்போது தொலைநோக்கி சாதாரணச் சீரமைவில் இருப்பதாகச் சொல்லப்படும். இந்த நிலையில் I_1M_1 ஆனது கண் பகுதி வில்லையின் குவியத்தில் விழவேண்டும் என்பது தெளிவு. எனவே, இந்த நிலையில் இரு வில்லைகளுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் அவற்றின் குவிதூரங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும் ($fo+fe$).

தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கும் திறன் என்பது வரம்பிலியில் உருவாகும் இறுதி பிம்பம் கண்ணில் தாங்கும் கோணத்திற்கும் பொருள் கண்ணில் தாங்கும் கோணத்திற்கும் உள்ள விகிதமே.

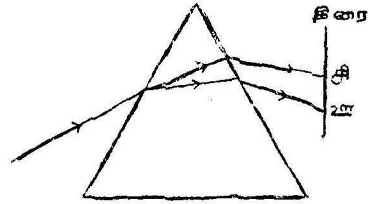
இந்த வரையறைப்படி தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கும்

$$\text{திறன்} = \frac{\text{பொருள் பகுதி வில்லையின் குவிதூரம்}}{\text{கண் பகுதி வில்லையின் குவிதூரம்}}$$

எனக்காட்டலாம்.

நிறப்பிரிகை (Dispersion)

இருண்ட ஓர் அறையுள் ஒரு சிறு துளை வழியாகக் கதிரவனின் வெண்ணிற ஒளியை நுழையவிட்டு, அதனை ஒரு முப்பட்டகத்தின்மீது படச்செய்து, மறுபுறத்தில் ஒரு திரையைப் பிடித்து அதில் வானவில்லின் ஏழு நிறங்களாலான ஒளிப் பட்டையை நியூட்டன் (Newton) பெற்றார் என்பது நாமறிந்தது. இச்சோதனையின் வாயிலாக ஞாயிற்றின் ஒளி பல நிற ஒளிகளின் கூட்டே எனக்காட்டினார். மேலும், அந்த முப்பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக் கற்றைகளைத் தலைகீழாகப் பிடித்த வேறொரு முப்பட்டகத்தின் வழிச் செலுத்த அந்த நிறங்கள் யாவும் மீண்டும் இணைந்து வெள்ளொளி கிட்டியது என்பதும் நாமறிந்ததே. எனவே, இதுவும் ஞாயிற்றின் ஒளி ஒருகூட்டு ஒளி (composite) என்பதனைக் காட்டுகிறது. இந்த கூட்டு ஒளி ஒரு முப்பட்டகத்தில் படும்போது ஏன் தன் ஆக்கக் கூறுகளாகப் பிரிய வேண்டும்? கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் வெவ்வேறு நிறங்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கும் என்பது தெரியும். எனவே, அவை வெவ்வேறு திசைகளில் வெளிவருகின்றன. இவ்வாறாக ஒரு கூட்டு ஒளி தன் ஆக்கக்கூறுகளின் நிறங்களாகப் பிரிவதற்கு நிறப்பிரிகை எனப் பெயர். திரையில் கிடைக்கும் நிறப்பட்டை நிறமாலை (spectrum) எனப்படும்.

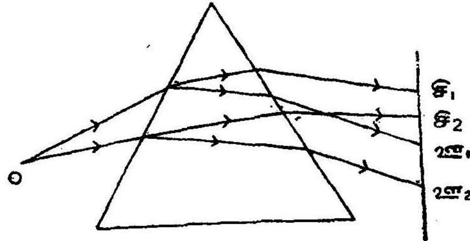


படம் 6.53

தூய நிறமாலை (pure spectrum)

படம் 6.53–ல் ஒரு தனி ஒளிக்கதிர் பிரிகை அடைதலையே கண்டோம். ஆனால், O-விலிருந்து வரும் பல கதிர்களும் பிரிகை

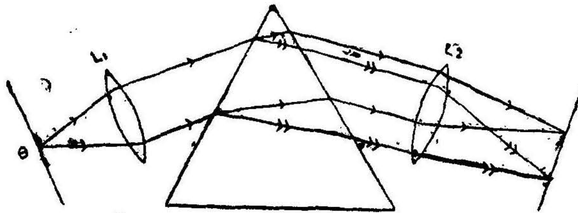
அடைந்து ஒவ்வொன்றும் அவற்றின் நிறங்களைத் திரையின் மீது தோற்றுவிக்கும். இதனால் ஒரு நிறத்தின் மேல் வேறு நிறங்கள் மீதூர்தலால் (overlap) நிறமாலைத் தெளிவாக, தூய்மையாக



படம் 6·54

இருக்காது. இதனைப் படம் 6·54 விளக்குகிறது. இவ்வாறன்றி ஒரு நிறமாலையில் வெவ்வேறு நிறங்களும் தனித்தனியாக உருவாகுமானால் (மீதூர்தலின்றி) அது தூய நிறமாலை (pure spectrum) எனப்படும்.

தூய நிறமாலையைத் தோற்றுவிப்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட அமைப்பு முறைக் கையாளப்படுகிறது. S எனும் ஒரு குறுகிய பிளவு கூட்டு ஒளியினால் ஒளியூட்டப் பெறுகிறது. இதன் முன்னால் ஒரு குவிவில்லை L_1 ஆனது, பிளவு இதன் முதன்மைக் குவியத்தில் இருக்குமாறு அமைக்கப்படுகிறது. எனவே,



படம் 6·55

பிளவிலிருந்து விரிந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் இவ்வில்லையினால் இணைகதிர்களாக்கப் பெறுகின்றன. எனவே, எல்லாக் கதிர்களும் இதன் முன் வைக்கப்பட்டுள்ள முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின்மேல் ஒரே கோணத்தில் படுகின்றன. எனவே, பிரிகை அடைந்து வெளிவரும் கதிர்களில் ஒரே நிறமுடையவை

எல்லாம் இணையாக இருக்கும். இவற்றின் பாதையில் வேறொரு குவிவில்லையை (L_2) வைக்க அதன் குவியத்தில் உள்ள திரையின்மீது இவை யாவும் ஒவ்வொரு புள்ளியில் குவியும். இதே போன்று ஒவ்வொரு நிறமுடைய கதிர்களும் திரையின்மீது ஒவ்வொரு புள்ளியில் விழுந்து தூய நிறமாலையை உண்டாக்கும். முப்பட்டகத்தை சிறும திசைமாற்ற நிலையில் வைத்தால் நிறமாலை ஒளிப் பொலிவுடன் விளங்கும்.

இந்த அமைப்பினைக் கொண்ட ஒரு கருவிதான் நிறமாலைமானி (spectrometer) எனப்படும். இதில் இணையாக்கி (collimator), தொலைநோக்கி, முப்பட்டக மேசை (prism table) என்ற மூன்று பகுதிகள் உண்டு. இணையாக்கியின் ஒரு முனையில் சரி செய்து கொள்ளத்தக்க ஒருபிளவும், மறு முனையில் ஒரு குவிவில்லையும் உண்டு. இதனால் ஒளிக்கதிர்கள் இணையாக்கப் பெறுகின்றன. முப்பட்டகத்தை மேசையின்மீது வைக்க வேண்டும். தொலைநோக்கி பிரிகை அடைந்துவரும் கதிர்களை ஏற்று நிறமாலையை உருவாக்குகிறது. இந்நிறமாலையைத் தொலைநோக்கியிலுள்ள கண் பகுதி வில்லையின் வழியாகப் பார்க்கலாம்.

வினாக்கள்

1. ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செலவு என்றால் என்ன? ஒளி நேர்கோட்டில் பரவுகிறது என்பதனைத் தகுந்த எடுத்துக் காட்டுகளுடன் விளக்கு.

2. ஒளித்திருப்ப விதிகளைக் கூறு. அவற்றைச் சரி பார்ப்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

3. ஒரு சமதள ஆடியின் முன்னால் வைக்கப்படும் பொருளின் பிம்பம் அதே அளவு செங்குத்துத் தூரம் ஆடியின் பின்னால் இருக்கும் எனக் காண்பி.

இதனை மெய்ப்பிக்க ஒரு சோதனையை விவரி.

4. ஒன்றிற்கொன்று சாய்வாக அமைக்கப்பட்டுள்ள இரு ஆடிகளில் பல பிம்பங்கள் எவ்வாறு உருவாகின்றன என்பதனை விளக்கு.

ஒரு சமதள ஆடியின் முன் நீட்சியுடைய ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் பிம்பம் உருவாவதனை ஒளிக் கதிர்களின் பாதையினை வரைந்து விளக்கு.

5. ஒரு ஆடியைச் சுழற்றினால் திரும்புகதிர் எவ்வளவு சுழலும்? அதன் பயன்கள் யாவை? இதைச் சரி பார்க்க ஒரு சோதனையை விவரி.

6. சுவரில் செங்குத்தாகத் தொங்கப்பட்டுள்ள ஒரு சமதள ஆடியின் முன்னால் நிற்கும் 6 அடி உயரமுள்ள ஒரு மனிதன் தன் முழு உருவத்தையும் காண விரும்பினால் ஆடி குறைந்தது எவ்வளவு நீளம் இருக்க வேண்டும்? ஆடியின் உச்சி தரையி லிருந்து 6 அடி உயரத்தில் உள்ளது.

7. ஒளி விலகல் விதிகளைக் கூறு. அவற்றைச் சரி பார்ப் பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

கண்ணாடிச் செவ்வகம் ஒன்றின்மீது 40° கோணத்தில் ஒரு ஒளிக்கதிர் பட்டால் விலகு கோணம் என்ன? கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் 1·5

8. 'விலகு விகிதம்' என்பதனை வரையறு. ஒரு கன செவ்வகக் கட்டியின் விலகு விகிதத்தைக் காண்பதற்கான இரு சோதனைகளை விவரி. நீ பயன்படுத்தும் வாய்பாடுகளையும் வருவி.

நீரிலிருந்து காற்றுக்குச் செல்லும் ஒரு ஒளிக்கதிர் நீரின் மேற்பரப்பின்மீது 20° கோணத்தில் படுகிறது. நீரின் விலகு விகிதம் 1·33 ஆனால் விலகு கோணம் என்ன?

9. ஒரு குளத்தின் ஆழம் 4·5 அடியாகத் தோன்றுகிறது அதன் மெய்யான ஆழம் என்ன? நீரின் விலகு விகிதம் 4/3.

இதற்குப் பயன்படுத்தும் வாய்பாட்டை வருவி.

10. ஒரு சிறு தொட்டியில் 4 செ. மீ. ஆழத்திற்கு நீரும் (விலகு விகிதம் 4/3) அதற்கு மேல் 4 செ.மீ. ஆழத்திற்கு 1·1 விலகு விகிதமுடைய ஒரு திரவமும் உள்ளன. இதன் தோற்ற ஆழம் என்ன?

11. முழு உட்திருப்பம், மாறுநிலைக் கோணம் ஆகியவற்றை விளக்கு. முழு உட்திருப்பம் நிகழ்வதற்கான நிபந்தனைகள் யாவை?

நீரின் மாறுநிலைக்கோணம் 48°35′ ஆனால் நீரின் விலகு விகிதம் என்ன ?

12. கண்ணாடியின் மாறுநிலை கோணத்தைக் காண்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

காற்று-நீருக்கு மாறுநிலைக் கோணம் 48°45′ ஆகவும், காற்று-கண்ணாடிக்கு 38°40′ ஆகவும் இருந்தால் கண்ணாடியிலிருந்து நீருக்கு ஒளி செல்வதற்கு மாறுநிலைக்கோணம் என்ன?

13. ஒரு முப்பட்டகத்திற்கான $\mu = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A+D}{2}\right)}{\sin\dfrac{A}{2}}$

என்ற வாய்பாட்டினை வருவி.

ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் கோணம் 60°. அதன் சிறும திசை மாற்றக்கோணம் 39°. அதன் விலகு விகிதத்தைக் கண்டுபிடி.

14. ஒரு சமபக்க முப்பட்டகத்தின் விலகு விகிதம் 1·5 ஆனால், அதன் சிறும திசை மாற்றக் கோணம் என்ன ?

15. 30° கோணமுடைய ஒரு முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின்மீது இணைகதிர் கற்றை ஒன்று செங்குத்தாகப்படுகிறது. கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் 1·5 ஆனால், திசைமாற்றக் கோணத்தைக் கண்டுபிடி.

16. ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின்மீது ஒரு ஒளிக்கதிர் செங்குத்தாகப்படுகிறது. இது மறுபக்கத்தின் வழியே வெளிவர வேண்டுமானால் முப்பட்டகத்தின் கோணத்தின் பெரும மதிப்பு என்ன ?

17. 1·52 விலகு விகிதமுடைய ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் ஊடு செல்லும் ஒரு ஒளிக்கதிர், இரண்டாவது பக்கத்தினைத் தடவியவாறு வெளிவருமானால் முதல் பக்கத்தில் படுகோணம் என்ன? முப்பட்டகத்தின் கோணம் 60°.

18. முழு உட்திருப்ப முப்பட்டகங்களை விவரி. சமதள ஆடிகளுக்குப் பதில் இவை ஏன் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன?

19. ஒரு கோள ஆடியின் முதன்மைக் குவியம், குவிதூரம் ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒரு குழி ஆடியின் முன்னால் 30 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு பொருள் உள்ளது. இதன் பிம்பம் ஆடியின் முன்னால் 60 செ.மீ. தூரத்தில் உருவானால் அதன் ஆரம் என்ன?

20. ஒரு கோள ஆடியின் வளைவு ஆரம் குவிதூரம் ஆகிய வற்றை வரையறு. இவற்றுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பை வருவி.

ஒரு சுவரின் முன்னால் 8 அடி தூரத்தில் ஒரு வத்திச் சுடர் உள்ளது. இதைப் போன்று 5 மடங்கு பெருக்கமடைந்த இதன் பிம்பத்தை சுவரில் அடைய வேண்டுமானால் ஒரு குழி ஆடியை எங்கு வைக்கவேண்டும்? அதன் வளைவு ஆரத்தையும் கண்டுபிடி.

21. $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்ற சமன்பாட்டை கோள ஆடிகளுக்கு வருவி.

10 செ.மீ. குவிதூரமுடைய ஒரு குவி ஆடியின் முன் 50செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு ஊசியின் பிம்பம் எங்கிருக்கும்? இதன் தன்மை யாது?

22. 3 அங்குல உயரமுடைய ஒரு பொருளை 12 அங்குல குவிதூரமுடைய ஒரு குழி ஆடியின் முன் எவ்வளவு தூரத்தில் வைத்தால் 6 அங்குல உயரமுடைய பிம்பம் கிட்டும்?

23. ஒரு கோள ஆடியின் முன் 10 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள பொருளின் பிம்பம் அதன் பின்னே 20 செ.மீ. தூரத்தில் உருவானால் அது என்ன ஆடி? அதன் ஆரம் எவ்வளவு?

24. ஒரு கோள ஆடியின் முன் 20 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள பொருளின் பிம்பம் அதன் பின்னே 10 செ.மீ., தூரத்தில் உருவானால் அது என்ன ஆடி? அதன் ஆரம் எவ்வளவு?

25. ஒரு வில்லையின் ஒளி மையம், முதன்மைக் குவியம், குவிதூரம் ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒரு குவி வில்லையின் குவிதூரத்தைக் காண்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

26. தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் பிம்பத்தை 20 செ.மீ. தூரத்தில் உருவாக்கும் ஒரு வில்லையின் முன்னால் 30 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள 3 அங்குல உயரமுடைய பொருளின் பிம்பம் எங்கே இருக்கும்? பிம்பத்தின் அளவும் தன்மையும் யாவை?

27. வில்லைகளுக்கான $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ என்ற வாய்பாட்டை வருவி.

ஒரு வில்லையின் முன் 5 செ.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட பொருளின் பிம்பம் 5 மடங்கு இருக்குமானால் வில்லையின் குவி தூரம் என்ன? அது என்ன வில்லை?

28. 23 செ.மீ. குவிதூரமுடைய ஒரு வில்லையைப் பயன் படுத்தி 8 செ.மீ. சதுரப்படம் ஒன்று வில்லையிலிருந்து 10மீட்டர் தொலைவிலுள்ள ஒரு திரையின்மீது வீழ்த்தப்படுகிறது. படத்தை எங்கே வைக்க வேண்டும்? திரையில் படத்தின் அளவு என்ன?

29. ஒரு குவி வில்லையின் முன் 12 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள பொருளின் மெய் பிம்பம் பொருளைப்போல் இரு மடங்கு உள்ளது. இந்த வில்லையின் முன் பொருளை எவ்வளவு தூரத்தில் வைத்தால் நான்கு மடங்கு உருப் பெருக்கம் அடைந்த நேரான பிம்பம் கிட்டும்?

30. கண்ணின் அமைப்பை விவரி. கண்ணின் ஊனங்கள் யாவை?

கிட்டப் பார்வை உள்ள ஒரு மனிதன் கிட்டப்புள்ளி 15 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ளது. 75 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள நூலைப் படிக்க விரும்பினால் அவன் பயன்படுத்த வேண்டிய வில்லையின் திறன் யாது?

31. கிட்டப் பார்வை, தூரப் பார்வை என்றால் என்ன? இவற்றைத் திருத்துவதற்கு என்ன செய்ய வேண்டும்?

தூரப் பார்வை உடைய ஒருவனின் கிட்டப்புள்ளி 60செ.மீ. தூரத்தில் உள்ளது. 25 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள நூலைப் படிக்க அவன் என்ன கண்ணாடி அணிய வேண்டும்? அதன் திறன் யாது?

32. தனி நுண்ணோக்கி, கூட்டு நுண்ணோக்கி ஆகியவற்றை விவரி.

ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் இரு வில்லைகளின் குவி தூரங்கள் 1 செ.மீ., 5 செ.மீ. பொருள் பகுதி வில்லையின் முன்னே 1·1 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள பொருளின் இறுதி பிம்பம் கண்ணிலிருந்து 25 செ.மீ. தூரத்தில் உருவானால் நுண்ணோக்கியின் உருப் பெருக்கும் திறன் யாது? வில்லைகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் என்ன?

33. 2 செ.மீ. 1 செ. மீ. குவி தூரங்களுடைய இரு வில்லைகளை 10 செ.மீ. தூரத்தில் வைத்து ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கி செய்யப்பட்டுள்ளது. இதன் முன் பொருளை எங்கு வைத்தால் தெளிவு பார்வையின் சிறுமதூரம் 25 செ.மீ. ஆக உடைய ஒருவன் தெளிவாகப் பார்க்க முடியும்? நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கும் திறனையும் கணக்கிடு.

34. வானியல் தொலைநோக்கியை விவரி.

35. நிறப்பிரிகை, நிறமாலை என்றால் என்ன? ஒரு தூய மாலையை எவ்வாறு உண்டாக்குவாய்?

7. ஒலி

(Sound)

ஒலி ஒருவகை ஆற்றலாகும். இதனை உணரும் ஆற்றலை நம் செவி பெற்றிருக்கிறது. இதன் துணை கொண்டுதான் நாம் உணர்ச்சிகளை வெளிப்படுத்துகிறோம், கருத்துப் பரிமாற்றம் செய்து கொள்கிறோம், அறிவை வளர்த்துக் கொள்கிறோம். செல்வத்துள் செல்வம் செவிச் செல்வம் என வள்ளுவர் வகுத்துக் கூறியதும் இதன் சிறப்பையே உணர்த்துமன்றோ! இந்த ஒலி எவ்வாறு உண்டாகிறது, எவ்வாறு பரவுகிறது என்பதனை இவண் காண்போம். இதனை நம் செவி எவ்வாறு உணர்ந்து கொள்வது பற்றி இங்குக் காணப் போவதில்லை.

மேசையைத் தட்ட ஒலி எழுகிறது, வீணையை மீட்ட நாதம் தோன்றுகிறது, வயலினில் வில்லை உரச இசை பிறக்கிறது, குழலை ஊத காற்றில் கானம் கலக்கிறது. மேசையைத் தட்ட மேசை அதிர்வுகிறது, வீணையை மீட்ட அதன் கம்பி அதிர்வுறு கிறது, வயலினில் வில்லை உரச நரம்பு அதிர்வுகிறது. குரல் நாண் அதிர்வுறுவதால் நாம் பேசுகின்றோம். அதிர்வுறும் மணியைக் கையால் தொட்டவுடன் ஒலி நிற்கிறது. எனவே, அதிர்வுறும் பொருள்களிலிருந்து ஒலி உண்டாகிறது என்பதனைத் தெரிந்து கொள்கிறோம். இவ்வாறு பொருள்கள் அதிர்வுறும் இயக்கங்களைப் பகுத்துப் பார்த்தால் அவை சிக்கலாகத் தோன்றினும் அவை யாவும் எளிய இசை இயக்கங்களின் தொகுப்பே எனக் காட்டலாம். இவ்வாறு எளிய இசை இயக்கத்தில் அதிர்வுறும் பொருளின் முன் பின்னான ஒரு முழு இயக்கம் அதன் முழு அதிர்வு (oscillation) எனப்படும். அதிர்வுறும்போது அமைதி நிலையிலிருந்து எந்த ஒரு பக்கத்திலும் அடையும் பெரும இடப்பெயர்ச்சியே அந்த அதிர்வின் வீச்சு (amplitude) எனப்படும். ஒரு முழு அதிர்வுக்கு

ஆகும் நேரம் அதன் அலைவு நேரம் எனவும், ஒரு வினாடியில் எத்தனை அதிர்வுகள் நிகழ்கின்றதோ அது அதிர்வு (Frequency) எனவும் வழங்கப்பெறும். எனவே, அலைவு நேரம் T உடைய அதிர்வின் எண் $n = \frac{1}{T}$ ஆகும்.

அதிர்வுறும் பொருள்களிலிருந்து ஒலி எழுகிறது எனக் கண்டோம். ஆனால், அதிர்வுறும் எல்லாப்பொருள்களிலிருந்தும் ஒலி எழுவதாக நாம் உணர்வதில்லை. ஒரு தனி ஊசலி தொடர்ந்து அலைவுற்றாலும் அதனால் ஏதும் ஒலி உண்டாவதாகத் தெரிவதில்லை. கையை முன்னும் பின்னும் அசைத்து அலைவுறச் செய்வதால் ஒலி எழுவதில்லை. ஏன்? நம் செவியானது அலைவு எண் 20-க்கு மேற்பட்டும் 20,0000.க்கு உட்பட்டும் இருந்தாலே ஒலியை உணரும் ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கிறது. இதனால்தான் மேலே கூறியவை அதிர்வுறுவதால் ஏற்படும் ஒலியை நாம் உணர்வதில்லை. அவ்வாறே 20,000க்கு மேற்பட்டவற்றையும் உணர்வதில்லை. இவை மேற்புற ஒலிகள் அல்லது கேளா ஒலிகள் (Ultrasonics) எனப்படும். மேலேகூறிய செவி உணரும் ஒலியின் இரு எல்லைகளும் மனிதருக்கு மனிதர் வேறுபடலாம்.

ஒலி பரவுதல்

ஓரிடத்தில் தோன்றும் ஒலி வேறிடம் செல்வதற்கு ஊடே ஒரு பருப்பொருளாலான ஊடகம் தேவை. வெப்பக்கதிர்கள் ஒளி அலைகள் போன்று ஒலி வெற்றிடத்தில் செல்ல முடியாது. இதனை ஒரு சிறு சோதனையின் வாயிலாக மெய்ப்பிக்கலாம். காற்று கசியாதவாறு அமைக்கப்பட்ட ஒரு மணிசாடியின் உள்ளே ஒரு மின்சார மணியைப் பொருத்திவிட்டு. மணியை அடிக்க விட்டால் மணி அடிப்பதைப் பார்ப்பதோடு அதனைக் கேட்கவும் செய்யலாம். இப்போது, வெற்றிட பம்பின் துணை கொண்டு மணி சாடியிலுள்ள காற்றினை வெளியேற்ற ஆரம்பித்தால் ஒலி படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டே சென்று இறுதியில் கேட்காது; ஆனால் மணி அடித்துக் கொண்டிருக்கக் காணலாம். இப்போது, மீண்டும் வெளிக் காற்று சாடியின் உள் நுழையச் செய்தால் மணி ஒலியைக் கேட்கலாம். எனவே, ஒலி பரவுதலுக்கு ஒரு பருப்பொருள் ஊடகம் தேவை என்பது தெரிகிறது. இது திடப் பொருளாகவோ திரவமாகவோ அல்லது வாயுவாகவோ இருக்கலாம். திடப்பொருள்களின் ஊடு ஒலி மிக விரைந்தும்,

திரவங்களின் ஊடு சற்று குறைந்த வேகத்திலும், வாயுக்களில் அதனினும் குறைந்த வேகத்திலும் செல்லும்.

அலை இயக்கம்

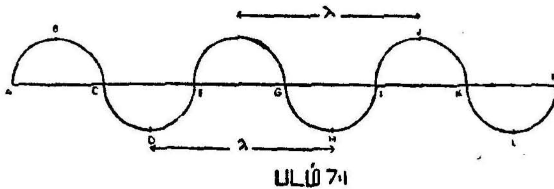
ஒலி செல்வதற்கு ஒரு ஊடகம் தேவை என்று கண்டோம். இந்த ஊடகத்தில் ஒலி எவ்வாறு செல்கின்றது? ஒரு பொருள் அதிர்வுறும்போது அதன் அருகிலுள்ள துகள்கள் அதிர்வுறுகின்றன. அவை அவற்றை அடுத்துள்ள துகள்களை அதிர்வுறச் செய்கின்றன. அவை அவற்றை அடுத்துள்ளவற்றையும் என இவ்வாறாக ஊடகத்தின் துகள்கள் தொடர்ந்து அதிர்வுறுவதனால் ஒலி ஆற்றல் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குச் செல்கிறது. இறுதியில் நம் காதின் செவிப் பறையை அதிர்வுறச் செய்வதனால் நாம் ஒலியை உணர்கிறோம். இவ்வாறாக, ஒரு ஊடகத்தின் வழியே ஓர் புள்ளியில் தோன்றும் அமைதி குலைவுகள் பரவும் வகைக்கு அலை இயக்கம் (Wave motion) எனப்பெயர். ஒரு சிறு எடுத்துக்காட்டின் வாயிலாக இதனைத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு குளத்தில் ஒரு சிறு கல்லைப் போட என்னுகிறது? அலைகள் தோன்றி அந்த இடத்திலிருந்து பரவி கரையில் வந்து மோதக் காண்கிறோம். இது எதனால்? கல்லைப் போட்டவுடன் அந்த இடத்திலுள்ள நீர்த்துளிகள் கீழ் நோக்கி அமுக்கப் பெறுகின்றன. ஆனால், நீர்த்துளிகள் மீள்திறன் (Elasticity) உடையவை ஆனதால், இவை தம்முடைய பழைய அமைதி நிலையை அடைவதற்காக மேனோக்கி வருகின்றன. இந்த இயக்கத்தினால் அவை இயக்க ஆற்றலைப் பெற்று நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலும் உயருகின்றன. இந்த ஆற்றல் முழுவதும் நிலை ஆற்றலாக மாறியவுடன் கீழ்நோக்கி வருகின்றன. இவ்வாறாக நீர்த்துளிகள் அந்த இடத்திலேயே மேலும் கீழுமாக அதிர்வுறுகின்றன. இதனால் இவற்றை அடுத்துள்ள நீர்த்துளிகளும் அதிர்வுறுகின்றன. அவை அவற்றிற்கு அடுத்தவற்றை என நீர்த்துளிகள் அதிர்வுற ஆரம்பிக்கின்றன. இதனையே நாம் அலைகள் பரவுவதாகக் காண்கிறோம். இவ்வாறு அலைகள் பரவும்போது நீர்த்துளிகள் அலையோடு வருவதில்லை. அவை தம் அமைதி நிலையின் மீதே அதிர்வுறுகின்றன. தம் ஆற்றலை மட்டும் அடுத்து, அடுத்து உள்ள நீர்த்துளிகளுக்குத் தந்து அவற்றை அதிர்வுறச் செய்கின்றன. இதனை ஒரு சிறு தக்கையினை அலைகளின்மீது போட்டால் புரிந்துகொள்ளலாம். தக்கை அலையால் அடித்துச் செல்லப்படாமல் போட்ட இடத்திலேயே மேலும் கீழுமாக, அதாவது, அலைகள் பரவும்

திசைக்கு நேர்குத்தான திசையில் பரவுகின்றன. இவ்வாறு அலைகள் பரவும் திசைக்கு நேர்குத்தான திசையில் ஊடகத்தின் துகடுகள் அதிர்வுற்றால் அது குறுக்கு அலை இயக்கம் (Transverse-wave motion) எனவும், அந்த அலைகள் குறுக்கு அலைகள் (Transverse-waves) எனவும் அழைக்கப்பெறும். இந்த மாதிரியான குறுக்கு ஒலி அலைகள் திடப்பொருள்களின் வழியாகத்தான் செல்லும்.

இவ்வாறின்றி அலைகள் பரவும் திசையிலேயே ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுற்றால் அந்த இயக்கம் நெடுக்கு அலை இயக்கம் (Longitudinal wave motion) எனவும், அவ்வலைகள் நெடுக்கு அலைகள் (longitudinal waves) எனவும் அழைக்கப்பெறும். நெடுக்கு ஒலி அலைகள் திடப்பொருள்கள், பாய் பொருள்கள் ஆகியவற்றின் ஊடு செல்லும்.

குறுக்கு ஒலி அலைகள் பரவும்போது துகள்கள் அலையின் திசைக்கு நேர்குத்தாக தம் அமைதி நிலையின் மீதே தொடர்ந்து அதிர்வுறுகின்றன எனவும், அவற்றிற்கு நீர் அலைகளை எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்ளலாம் எனவும் கண்டோம்.



படம் 7·1

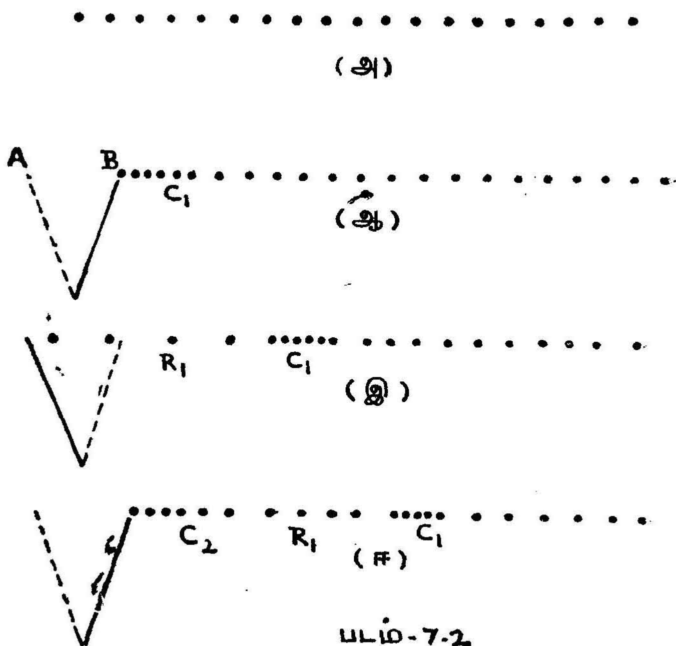
இந்த நீர் அலைகள் பரவும்போது நீரின் மேற்பரப்பு சில இடங்களில் உயர்ந்தும் சில இடங்களில் தாழ்ந்தும் காணப்படும். இவை முகடுகள் (crests), அகடுகள் எனப்படும். இந்த அலையின் தோற்றம் படம் 7·1ல் காட்டியவாறு இருக்கும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். Aலுள்ள துகள் மேனோக்கி நகர ஆரம்பிக்கும் நிலையில் உள்ளது. அதனை அடுத்துள்ள துகள் சற்று உயர்ந்துள்ளது. Bலுள்ள துகள் அமைதி நிலையிலிருந்து பெரும இடப்பெயர்ச்சி அடைந்துள்ளது. இதற்கு மேல் அது போக முடியாது. இது கீழ்நோக்கி நகர ஆரம்பிக்கும். அதே நேரத்தில் Cல் உள்ள துகள் அமைதி நிலையிலிருந்து கீழ்நோக்கி வரத் தொடங்கும் நிலையிலும், D-லுள்ள துகள் கீழே பெருமபெயர்ச்சி அடைந்து விட்டதால் மேனோக்கி நகர ஆரம்பிக்கும் நிலையிலும், Eலுள்ளது A உள்ள அதே நிலையிலும் உள்ளன. இவ்வாறே அலைகள் பரவும்போது ஊடகத்

திலுள்ள துகள் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு அதிர்வு நிலையில் (phase) இருக்கின்றன. ஆனால், A, E, I, M போன்ற இடங்களிலுள்ள துகள்கள் எல்லாம் ஒரே அதிர்வு நிலையில் உள்ளன. அதுபோலவே B, F, J இடங்களிலுள்ள துகள்களும் ஒரே அதிர்வு நிலையில் உள்ளன. இவ்வாறு ஒரே அதிர்வு நிலையில் அடுத்தடுத்து உள்ள இரு துகள்களுக்கு இடையே உள்ள தூரம் அலை நீளம் (wave length) எனப்படும். அலையானது ஒரு அலை நீளம் செல்லும் நேரத்தில், காட்டாக Aலிருந்து E-க்கு செல்லும் நேரத்தில் Aல் உள்ள ஒரு துகள் ஒரு முழு அதிர்வு அடைந்திருக்கும். அல்லது இந்த நேரத்தில் இவ்வலைகளை உண்டாக்கும் பொருள் ஒரு முழு அதிர்வு அடைந்திருக்கும் எனவே, இதற்கான நேரம் ஒரு அலைவு நேரம் ஆகும். எனவே, ஒரு ஒலி அலையின் நீளம் λ ஆகவும், அலைகளை உண்டாக்கும் பொருளின் அலைவு நேரம் T ஆகவும் இருந்தால், ஒலி அலைகள் λ தூரம்செல்ல Tநேரம் ஆகிறது. எனவே, ஒலி அலைகளின் வேகம் $C = \frac{\lambda}{T}$ ஆனால் $\frac{1}{T} = n$, அலைவெண் ஆனதால், $C = n\lambda$.

காற்றில் ஒலி பரவுதல்

பாய் பொருள்களில் நெடுக்கு ஒலி அலைகள் பரவுகின்றன என முன்னரே குறிப்பிட்டோம். அது எவ்வாறெனப் பார்ப்போம். காற்றின் துகள்கள் சாதாரணமாக ஒன்றுக்கொன்று சமதூரத்தில் படம் 7.2. (அ)வில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் ஒன்றுக்கொன்று சமதூரத்தில் வரிசை வரிசையாக இருக்கின்றதெனக் கொள்ளலாம். இவற்றுள் ஒரு வரிசையில் உள்ளவற்றை மட்டும் பார்ப்போம். இப்போது ஒரு இசைக்கவை (tuning fork) அதிர்வுற்று ஒலி எழுப்பிக்கொண்டு இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் ஒரு காலில் (prong) மட்டும் நம் கவனத்தைச் செலுத்த, இது ABக்கு இடையே முன்னும் பின்னுமாக அதிர்வுகின்றது. இது B நிலைக்கு வரும்போது அங்கேயுள்ள காற்றுத் துகள்களை நெருக்குகின்றது. அதனால், C_1ல் ஒரு அடர்த்தி (condensation) உண்டாகிறது. கவையின் கால் Aக்குச் செல்லும்போது இங்கே அமுக்கம் குறைவதால் இந்த இடத்தில் ஒரு தளர்த்தி (rarefaction) உண்டாகிறது. இதற்குள் C_1ல் ஏற்பட்ட அடர்த்தி காரணமாக அதனை அடுத்து அடுத்து உள்ள துகள்கள் நெருக்கப்பட்டு இந்த அடர்த்தி முன்னோக்கி நகர்கிறது. அதேபோல் கவை கால் மீண்டும் Bக்கு வர அங்கே

ஒரு அடர்த்தி (C_2) உண்டாகிறது. இதற்குள் R_1ல் இருந்த



படம்-7-2

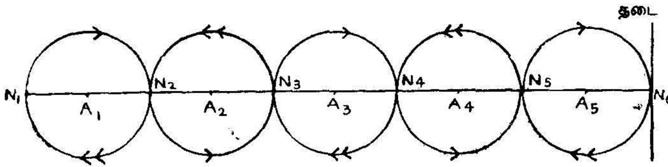
தளர்த்தி முன்னோக்கி நகர்கிறது, C_1லிருந்த அடர்த்தியும் முன்னோக்கி நகர்கிறது.

இவ்வாறாக இசைக்கவை தொடர்ந்து அதிர்வுறுவதால் காற்றில் அடர்த்திகளும், தளர்த்திகளும் முன்னோக்கி நகர்கின்றன. இப்போது, காற்றின் துகள்கள் அவற்றின் அமைதி நிலையிலேயே அதிர்வுற்று ஒலி ஆற்றலை மட்டிலும் முன்னோக்கிப் பரப்புகின்றன. இவ்வாறு ஒலி அலைகள் செல்லும் திசையிலேயே காற்றுத் துகள்கள் அதிர்வுறுவதால் இவை நெடுக்கு அலைகள். மேலும், இந்த அடர்த்திகள் குறுக்கு அலைகளின் முகடுகளுக்கும், தளர்த்திகள் குறுக்கு அலைகளின் அகடுகளுக்கும் ஒப்பானவை. எனவே, அடுத்தடுத்துள்ள இரு அடர்த்திகள் அல்லது தளர்த்திகளின் இடையேயுள்ள தூரமே அலை நீளம் ஆகும்.

முன்னேறும் அலைகளும் நிலை அலைகளும்

மேலே விவரித்தவாறு அலைகள் ஓரிடத்திலிருந்து புறப்பட்டு தொடர்ந்து ஊடகத்தின் வழியே சென்றுகொண்டிருக்குமாஞல் அவை முன்னேறும் அலைகள் (progressive waves) எனப்படும். இவை நாம் மேலே கண்டபடி முன்னேறும் குறுக்கு அலைகள் (Transverse progressive waves), முன்னேறும் நெடுக்கு அலைகள் (longitudinal progressive waves) எனவும் இருவகைப்படும்.

இப்போது ஒரு முன்னேறும் அலை எதிரிலுள்ள ஒரு தடையின்மீது பட்டு திருப்பப்படைந்து வந்தால் முன்னேறும் அலையும் பின் திரும்பி வரும் அலையும் ஒன்றன்மீது ஒன்ருக மீதூர்தலால் (super impose) நிலையான அலைகள் தோன்றும். படம் 7.3ல் காட்டப்பட்டுள்ள இவை நிலை அலைகள் எனப்படும்.



படம் 7·3

இவற்றில் N_1, N_2 போன்ற இடங்களில் ஊடகத்தின் துகள்கள் இயக்கமே இன்றி இருக்கும். இவை கணுக்கள் (nodes) எனப்படும். A_1, A_2, போன்ற இடங்களிலுள்ள துகள்கள் எப்போதும் பெரும இடப்பெயர்ச்சி அடையும். இவை எதிர் கணுக்கள் (Anti nodes) எனப்படும். அடுத்தடுத்துள்ள இரு கணுக்கள் அல்லது எதிர் கணுக்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் அலை நீளத்தில் பாதியாகும்.

ஒத்ததிர்வு (Resonance)

எந்த ஒரு பொருளையும் ஒலி எழுப்பும்படிச் செய்தால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணுடன் அதிர்வுறும். காட்டாக, ஒரு மேசையை மெதுவாகத் தட்டிஞலும், வேகமாகத் தட்டிஞலும் அது ஒரே அலைவெண்ணுடன்தான் அதிர்வுறும். இது அதனுடைய இயல்பான அதிர்வுகள் (Natural Vibrations) எனவும், இந்த அலைவெண் இயல்பான அலைவெண் (Natural frequency) எனவும் அழைக்கப்பெறும். இப்போது வேருெரு அலைவெண்ணுடைய ஒரு இசைக் கவையை அதிர்வுறும் நிலையில் மேசையின்மீது வைத்தால்,

மேசை அதிர்வுற்று சிறு ஒலி எழக்காணலாம். ஆனால், இப்போது மேசை அதன் இயல்பான அலைவெண்ணில் அதிர்வுறாது; இசைக்கவையின் அலைவெண்ணிலேயே அதிர்வுறும். இதற்கு வலிந்த அதிர்வுகள் (forced Vibrations) எனப் பெயர். இதேபோல, காற்றுள்ள ஒரு திறந்த குழாயின் முன்னே அதிர்வுறும் இசைக்கவையை வைத்தாலும் குழாயிலுள்ள காற்று அதிர்வடைந்து சிறு ஒலியை எழுப்பும். ஆனால், காற்றுத் தூணின் இயல்பான அலைவெண் இசைக்கவையின் அலைவெண்ணுக்குச் சமமாக இருந்தால் உரத்த ஒலி எழும். இப்போது காற்று ஒத்த அதிர்வுகளைச் (Resonance) செய்வதாகக் கூறப்படும். இதனால்தான் ஒரு பாலத்தின்மீது செல்லும் போர் வீரர்கள் ஒரே மாதிரி அடியெடுத்து வைத்து நடக்காமல் ஒழுங்கற்ற முறையில் நடந்து செல்கிறார்கள். யாவரும் ஒரே மாதிரி அடியெடுத்து வைத்தால் பாலமும் அதே மாதிரி அதிர்வுறும். பாலத்தின் இயல்பான அலைவெண் இதற்குச் சமமாக இருந்தால் பாலத்தின் அதிர்வுகளின் வீச்சு பெருமமாகி நிலை குலைய வாய்ப்புண்டு.

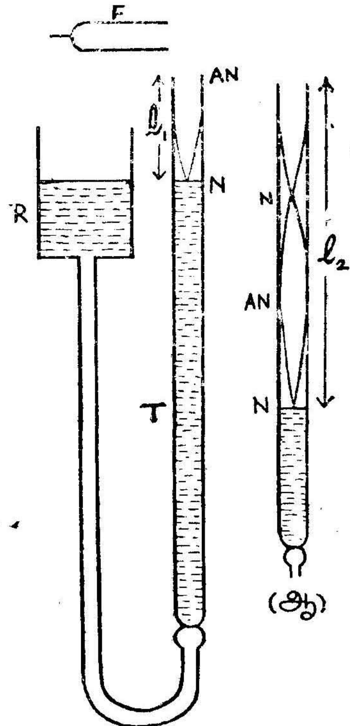
இந்த ஒத்ததிர்வுத் தத்துவத்தினைப் பயன்படுத்தி காற்றின் ஊடு ஒலியின் வேகத்தைக் காணலாம்.

சோதனை 7·1

ஒத்ததிர்வுத் தூண் முறையில் காற்றில் ஒலியின் வேகத்தைக் காணல்.

இதற்குப் பயன்படும் கருவி ஒரு மீட்டருக்கு மேல் நீளமுடைய, சீரான குறுக்களவுடைய, இருபுறமும் திறந்த ஒரு கண்ணாடிக் குழாயால் (T) ஆனது. இது அடிப்புறம் ஒரு ரபபர் குழாய் வழியாக ஒரு நீர்த்தேக்கத்துடன் (R) இணைக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த நீர்த்தேக்கத்தை மேலே உயர்த்தவோ, கீழே தாழ்த்தவோ அல்லது விரும்பிய இடத்தில் நிறுத்தவோ முடியும். இதனால் குழாயிலுள்ள நீர்மட்டத்தை வேண்டிய இடத்தில் இருக்குமாறு செய்து கொள்ளலாம். இதனால் குழாயில் நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலுள்ள காற்றுத் தூணின் நீளத்தை சரி செய்து கொள்ள முடிகிறது. இப்போது, நீர் மட்டத்தை குழாயில் நன்கு மேலே வைத்துக்கொண்டு குழாய்க்கு மேலே ஒரு இசைக்கவையை அதிர்வுறச் செய்து பிடிக்க வேண்டும். இசைக்கவையின் கால்கள் ஒன்றன்

மேலே ஒன்றாகவும், ஒவ்வொரு காலும் கிடையாகவும் இருக்க வேண்டும். இதனால் அவை செங்குத்துத் தளத்தில் அதிர்வுற, குழாயிலுள்ள காற்றும் அதிர்வுறும். இப்போது, குழாயிலுள்ள நீர்மட்டத்தை படிப்படியாக, சீராக குறைத்து கொண்டே சென்றால் ஒரு நிலையில் ஆழ்ந்திரையும் முழக்கம் கேட்கும். ஒலி உரத்துக் கேட்கும் இந்நிலையில் காற்றுத் தூணும், இசைக்கவையும் ஒத்ததிர்வில் உள்ளன. எனவே, காற்றுத் தூணின் அலைவெண் இசைக்கவையின் அலைவெண்ணுக்குச் சமம். இதன் மதிப்பு (n) நமக்குத் தெரியும். இந்த நிலையில் நீர்ப்பரப்பின்மேல் ஒரு கணுவையும் குழாயின்மேல் விளிம்பில் ஒரு எதிர்க்கணுவையும் உடைய நிலை அலைகள் காற்றுத் தூணில் உண்டாகியுள்ளன. எனவே, காற்றுத் தூணின் உயரம் (l_1) அலை நீளத்தில் நான்கில் ஒரு பகுதி $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ ஆகும். ஆனால், எதிர்க்கணுவானது குழாயின் விளிம்பிற்குச்சற்று மேலே உருவாகுமாதலான் l_1 என்பதற்கு ஒரு திருத்தம் தேவை. முனைத்திருத்தம் (end correction) எனப்படும். இது e ஆனால்,



படம் 7·4

$$l_1 + e = \frac{\lambda}{4} \longrightarrow (1)$$

இப்போது, நீர்மட்டத்தை மேலும் தாழ்த்திக்கொண்டே சென்றால் காற்றுத் தூணின் நீளம் கிட்டத்தட்ட $3l_1$ ஆக இருக்கும்போது மீண்டுமொருமுறை முழங்கொலி கேட்கும். இப்போது உண்டாகும் அலை வடிவம் படம் 7·4 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. காற்றுத் தூணின் நீளம் l_2 ஆனால்,

$$l_2 + e = \frac{3\lambda}{4} \longrightarrow (2)$$

என்பது தெளிவு. எனவே,

$$(2-(1) \longrightarrow l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2}$$

அல்லது, $\lambda = 2\,(l_2 - l_1)$

காற்றில் ஒலியின் வேகம் C ஆனால்,

$$C = n\,\lambda.$$

எனவே $C = 2n\,(l_2 - l_1)$

முனைத்திருத்தத்தையும் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

(1)வது சமன்பாட்டினை 3-ஆல் பெருக்க.

$$3l_1 + 3e = 3\,\frac{\lambda}{4}$$

$$(2) \longrightarrow \quad l_2 + e \quad \frac{3\lambda}{4}$$

ஒன்றிலிருந்து ஒன்றைக் கழிக்க,

$$3l_1 - l_2 + 2e = o$$

அல்லது $e = \dfrac{l_2 - 3l_1}{2}$

வெவ்வேறு அலைவெண்களை உடைய இசைக்கவைகளைப் பயன்படுத்தி சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து காற்றில் ஒலியின் சராசரி வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒருவன் உணரக்கூடிய ஒலியின் சிறும அலைவெண் 30, பெரும அலைவெண் 22,000 ஆனால், இவற்றைக் காற்றில் அலை நீளங்களில் கொடு. காற்றில் ஒலியின் வேகம் 330 மீட்டர்/ விநாடி.

$$C = n\,\lambda \quad \text{ஆனதால்}$$

$$\lambda = \frac{C}{n}$$

எனவே, $\lambda_1 = \frac{330,00}{30} = 1100$ செ. மீ.

$\lambda_2 = \frac{330,00}{22,000} = 1 \cdot 5$ செ. மீ.

சிறும அலை நீளம் = 1·5 செ. மீ.

பெரும அலை நீளம் = 1100 செ. மீ.

(2) ஒரு பக்கம் மூடிய ஒரு குழாயிலுள்ள காற்றுத்தூண் 512 அலைவெண்ணுடைய இசைக்கவையோடு ஒத்ததிர்வு செய்யும்போது அதன் மிகக்குறைந்த நீளம் 16·2 செ. மீ. ஆனால், காற்றில் ஒலியின் வேகம் என்ன? குழாயில் காற்றுத் தூணின் உயரத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால் மீண்டும் எப்போது ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்? முனைத்திருத்தத்தைப் புறக்கணித்துவிடு.

இசைக்கவையோடு ஒத்ததிர்வு நிகழும்போது காற்றுத் தூணின் மிகக்குறைந்த நீளம் $\frac{\lambda}{4}$ ஆகும். எனவே,

$C = n\lambda$ ஆனதால்,

$C = n\,4l$ எனவே,

$C = 512 \times 4 \times 16 \cdot 2$

அல்லது, $C = 33180$ செ. மீ. / வினாடி.

அல்லது, $C = 33108$ செ. மீ. / வினாடி.

இதற்கு அடுத்தாற்போல் குழாயின் நீளம் $\frac{3\lambda}{4}$ இருந்தால்தான் ஒத்ததிர்வு நிகழும். எனவே, இந்த நீளம் l_2 ஆனால்,

$$l_2 = \frac{3\lambda}{4} = 3 \cdot l_1$$

எனவே, $l_2 = 3 \times 16 \cdot 2 = 48 \cdot 6$ செ. மீ.

இசை ஒலிகள்

இரைச்சலும் இசை ஒலியும்

எல்லா ஒலிகளையும் இரைச்சல் (noise) எனவும், இசை ஒலிகள் எனவும் இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். இரைச்சல் என்பது கேட்பவர் விரும்பாத ஒலி என வரையறுக்கப்

படுகிறது. இது ஒழுங்கற்ற அதிர்வுகளால் ஆனது; காலாந்திர முறைமையில் உண்டாகாதது; முன்பின் தொடர்ச்சி அற்றது; கடுமையானது; தனக்கென ஒரு சுருதி (pitch) இல்லாதது. இவ்வாறன்றி ஒழுங்கான அதிர்வுகளால், காலாந்திர முறைமையில் உண்டாவதும், தொடர்ச்சியாகத் தோன்றி நீடிப்பதும், கேட்பவர் காதுக்கினிமை பயப்பதுமான ஒலி இசை ஒலி எனப்படும்.

இனிமையான இசையில் இரைச்சல் பிசிரிடலாம்; இரைச்சலிலும் இனிமை கலந்து வரலாம். இரைச்சலையும், இசைச் சுரங்களையும் எப்படித்தான் வரையறுத்தாலும் இரண்டையும் தெளிவாகப் பிரிக்கும் ஒரு எல்லைக் கோடு போட முடியாது. இருப்பினும், இசைச் சுரங்கள் தமக்கென கீழ்க்கண்ட தற்சிறப்புப் பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன.

(i) உரப்பு (Loudness)

நாம் ஓர் ஒலி உரத்து உள்ளது, அவ்வாறில்லை என்பதனைப் புரிந்து கொள்கிறோம். ஒருவருக்கு உரத்து உள்ள ஒலி மற்றவருக்கு அவ்வாறில்லாது போய்விடலாம். எனவே, இது கேட்பவரைப் பொறுத்தது. இருப்பினும் இருவேறு ஒலிகளை பிரித்தறியப் பயன்படும் இப்பண்பு—உரப்பு ஒலியின் ஆற்றல் செறிவைப் (intensity) பொறுத்தது. ஒலியின் செறிவு அதன் வீச்சின் இருபடிக்கு (square) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே, அதிர்வுறும் பொருளின் வீச்சு இருமடங்கானால், ஒலியின் செறிவும், அதனால் உரப்பும் நான்கு மடங்காகும். ஓர் இசைச்சுரத்தின் வரம்பே எல்லை மீறினால் இரைச்சலாக மாறக் காணலாம்.

(ii) சுருதி (Pitch)

ஒரே இசைச் சுரத்தை (musical note) ஒருவர் பாடும் போது கீச்சொலியாக உள்ளது. ஒரே உரப்பில் உள்ள இருவேறு ஒலிகளை இத்தன்மையால் பிரிக்கும் பண்பே சுருதி என்கிறோம். கீச்சொலிகளின் அலைவெண் மிகுந்திருக்க, மந்த ஒலியின் அலைவெண் தாழ்ந்திருக்கும். எனவே, சுருதி என்பது ஒலியின் அலைவெண்ணைப் பொறுத்தது. இதனை ஒரு இசைக் கருவியைக்கொண்டு நன்கு புரிந்துகொள்ளலாம். வீணையின் நரம்பில் குறைந்த நீளத்தை மீட்ட உயர்ந்த சுருதியும், அதிக நீளத்தை மீட்ட தாழ்ந்த சுருதியும் பிறக்கும். அக்கம்பியின் அலைவெண் நீளத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்குமெனக்

காட்டலாம். எனவே, நீளம் குறைய, அலைவெண் அதிகரிக்க, சுருதி கூடுகிறது.

(iii) பண்பு (Quality)

இருவேறு இசைக் கருவிகளிலிருந்து ஒரே சுருதியில் ஒரே உரப்பில் ஒரு இசைச் சுரம் எழுந்தால் அவற்றைத் தெளிவாக இது, இந்தக் கருவியிலிருந்து வரும் ஒலி எனப் பிரித்தறிந்து கொள்கிறோம். இதுவே, அவ்வொலியின் 'பண்பு' எனப் படும். இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது எனின், எந்த ஒரு கருவி யிலும் நாம் ஒரு குறிப்பிட்ட சுருதியை (குறிப்பிட்ட அலைவெண் ணுடைய ஒலியை) எழுப்பும்போது அதனுடன் வேறு அலை வெண்களுடைய சுருதிகளும் சேர்ந்தொலிக்கும். நாம் விரும்பி தோற்றுவிக்கும் சுருதி அடிப்படைச் சுரம் (fundamental tone) எனவும், மற்றவை எல்லாம் மேற்சுரங்கள் (over tone) எனவும் அழைக்கப் பெறும். இந்த மேற் சுரங்கள் அடிப்படைச் சுரத் தின் முழு எண் பெருக்கற் பலன்களாக இருக்குமானால் அவை கிளைச் சுரங்கள் (harmonics) எனப்படும். இவ்வாறு அடிப் படைச் சுரத்தினோடு மேற்சுரங்கள் சேர்ந்து வருவதால் சுரத்தின் பண்பு மாறுகிறது. இவை சிக்கலானவையாகி விடுகின்றன. இதன் பண்பு இதனோடு வரும் மேற்சுரங்களின் எண்ணிக்கையையும் அவற்றின் ஒப்புச் செறிவையும் பொறுத்தது.

வினாக்கள்

(1) ஒலி எவ்வாறு உண்டாகிறது? எவ்வாறு பரவுகிறது?

(2) குறுக்கு அலைகள், நெடுக்கு அலைகள் என்றால் என்ன என்பதனை விளக்கு.

(3) எவ்வாறு காற்றில் ஒலி பரவுகிறது?

(4) அலைநீளம், அலைவெண் ஆகியவற்றை வரையறு. $C=n\lambda$ எனக் காண்டி.

இரு மலைகளுக்கு இடையே நின்று கொண்டிருக்கும் ஒரு மனிதன் கைகளைத் தட்டுகிறான்; எதிரொலியை முதலில் 3 வினாடிகளிலும் அடுத்து $5\frac{1}{2}$ வினாடிகளிலும் கேட்கிறான். இரு மலைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன? ஒலியின் வேகம் = 1100 அடி/வினாடி.

(5) திருச்சி வானொலி நிலையம் 319.1 மீட்டரில் அலை பரப்புகிறது. மின்காந்த அலைகளின் வேகம் 3×10^{10} செ.மீ/விநாடி ஆனால் இதன் அலைவெண்ணைக் கண்டுபிடி.

(6) சென்னை வானொலி நிலையம் 720 கிலோ சுழற்சி/விநாடியில் அலை பரப்புகிறது. மின்காந்த அலைகளின் வேகம் 3×10^{10} செ.மீ/விநாடி ஆனால் இதன் அலைநீளம் என்ன?

(7) ஒத்ததிர்வு என்றால் என்ன?

ஒத்ததிர்வு தூண் முறையில் காற்றில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரி.

ஒரு பக்கம் மூடிய ஒரு குழாயிலுள்ள காற்றுத் தூண் 256 அலைவெண்ணுடைய இசைக் கவையோடு ஒத்ததிர்வு செய்யும் போது அதன் மிகக் குறைந்த நீளம் 32.5 செ.மீ. காற்றில் ஒலியின் வேகம் என்ன? அடுத்தபடியாக என்ன நீளத்தில் ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்? முனைத்திருத்தத்தைப் புறக்கணித்து விடு.

(8) இரைச்சல், இசை ஒலி ஆகியவற்றை வரையறு. இசையொலியின் தற்சிறப்புப் பண்புகள் யாவை?

8. காந்தவியல்

(Magnetism)

ஒரு கம்பியின் ஊடு மின்சாரம் பாய்ந்தால் அதனைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகும் என்பதனை அறிவோம். அதே போல ஒரு காந்தப்புலத்தில் ஒரு கம்பிச்சுருள் நகர்ந்தால் அதில் மின்சாரம் தூண்டப்படும் என்பதும்; காந்தப் புலத்தி லுள்ள ஒரு கம்பியின் ஊடு மின்சாரம் பாய்ந்தால் அது நகர ஆரம்பிக்கும் என்பதும் நாமறிந்ததே. இவற்றிலிருந்து மின் சாரமும், காந்தப் புலமும் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டவை என்பது தெரிகிறது. மேலும், இந்தப் பண்புகளைப் பயன் படுத்திதான் நாம் மின்சாரத்தைத் தோற்றுவிக்கிறோம்; மின் சாரத்தை நமக்குத் தேவையான வேலைகளைச் செய்யச் சொல் கிறோம். இன்றைய நாகரிக வாழ்விற்கு இன்றியமையாத மின் சாரத்தைத் தோற்றுவிக்கவும். பயன்படவும் செய்யும் காந்த வியலின் இன்றியமையாமை தெற்றெனப் புலனாகும்.

காந்தங்களும் அவற்றின் பண்புகளும்

காந்தங்களைப்பற்றிய அறிவு மக்களுக்குப் பன்னெடுங்கால மாகவே இருந்து வந்துள்ளது. சிறிய ஆசியாவில் (Asia Minor) உள்ள மக்னீஷியா (Magnesia) எனுமிடத்தில் காணப்பெற்ற மாக்னடைட் (Magnetite) எனப்படும் இரும்பின் தாதுக்கள் ($Fe_3 O_4$) சில தனிப் பண்புகளைப் பெற்றிருப்பதாக அறிந் தார்கள். அவை இரும்பை ஈர்த்தன. கட்டித்தொங்க விட்டால் எப்போதும் அதன் ஒரு குறிப்பிட்ட முனை வடதிசையினையே காட்டிவந்தது. இதனை, இதனால் கடல் வழிச்செல்லும் மாலுமி கள் இருள் கப்பிய இரவுகளிலும் தங்கள் பாதையை அறிய பயன்படுத்தினார்கள். இக்காரணம் கொண்டே இவை வழி காட்டும் கற்கள் (lodestones) என அழைக்கப்பெற்றன. இயற்கையில் கிடைக்கும் இந்தக் காந்தங்கள் இயற்கைக் காந் தங்கள் (Natural magnets) எனப்படும். நாம் செயற்கைக் காந்

தங்களையும் (Artificial magnets) செய்து கொள்ளலாம். இதற்கு இரும்பினைப் பயன்படுத்தவேண்டும். இரும்பும், அதை விடக் குறைந்த அளவில் நிக்கல் (Nickel), கோபால்ட் (Cobolt) ஆகியவையும் காந்தங்களினால் நன்கு கவரப்படும். இவை அயக்காந்தப் பொருள் (Ferromagnetic substances) எனப்படும்.

ஒரு காந்தக் கட்டையை இரும்புத் தூளில் புரட்டி எடுத்தால் அதன் இரு முனைப் பகுதிகளிலும் பெரும் அளவில் இரும்புத்தூள் ஒட்டிக்கொண்டிருக்க, மையத்தில் இரும்புத் தூளே ஒட்டவில்லை என்று சொல்லுமளவில் இருக்கும். எனவே, இரும்பை ஈர்க்கும் ஆற்றல் காந்தத்தின் இரு முனைப் பகுதிகளிலேயே குவிந்து கிடக்கிறது எனச் சொல்லலாம். காந்தத்தின் இரு கோடிகளிலிருந்தும் சற்று உள்ளே தள்ளியுள்ள இரு புள்ளிகளிலேயே அதன் காந்தப்பண்பு முழுவதும் செறிந்துள்ளது எனக் கருதலாம். இவ்விரு புள்ளிகளும் காந்த முனைகள் (Magnetic poles) எனப்படும்.

இப்போது ஒரு காந்தக் கட்டையை நூலில் கட்டித் தொங்க விட்டால், அல்லது, ஒரு ஊசி முனையின்மீது கிடைத்தளத்தில் சுழலுமாறு செய்தால் அது எப்போதும் வட, தென் திசையிலேயே நிலைக்கு வரும். அதனைத் திருப்பித் திருப்பி வைத்தாலும் அதன் ஒரு முனை வட திசையையும் மறுமுனை தென் திசையைக் காட்டியவாறே வந்து நிற்கும். இது காந்தத்தின் திசைப்பண்பு (Directivity) எனப்படும். எப்போதும் வட திசையையே நாடி நிற்கும் காந்தமுனை வடக்கு நாடும் முனை (North seeking pole) அல்லது வடமுனை (North pole) எனப்படும். அதேபோல் தெற்கு நாடி நிற்கும் முனை தெற்கு நாடும் முனை (South seeking pole) அல்லது தென்முனை (South pole) எனப்படும்.

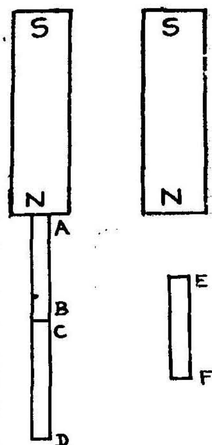
காந்தத்தின் நீளம் அதன் மற்ற அளவுகளோடு ஒப்பிடப் பெரிதாக இருக்குமானால் அதன் முனைகள் அதன் கோடிகளிலேயே இருக்கின்றனவெனக் கொள்ளலாம். இருபுறமும் பந்துபோல் உருண்ட முனைகளையுடைய காந்தத்தின் (Ball ended magnet) காந்த முனைகள் அப்பந்துகளின் மையங்களில் உள்ளனவெனக் கொள்ளலாம்.

இப்போது, ஒரு காந்தத்தினை கட்டின்றி சுழலக்கூடிய வகையில் ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டு அது அமைதி நிலைக்கு வந்தபின் அதன் வடமுனைக்கு அருகே மற்றொரு காந்தத்தின் வடமுனையைக் கொணர்ந்தால் இது விலகிச் செல்வதனையும், தென்முனையைக் கொணர்ந்தால் நெருங்கிச் செல்

வதனையும் காணலாம். அவ்வாறே, தென்முனையின் அருகில் தென்முனையைக் கொணர அவை விலகவும், வடமுனையைக் கொணர அவை நெருங்கவும் காணலாம். எனவே, ஒத்த காந்தமுனைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத்தள்ளும் (repel) என்பதும், எதிர் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் (attract) என்பதும் தெரிகிறது.

மேற்கண்டவற்றிலிருந்து, கட்டின்றி தொங்கவிடப்படும் ஒரு காந்தத்தின் வடமுனை வடக்குநோக்கியும், தென்முனை தெற்கு நோக்கியும் நிற்பதனால் பூமியே ஒரு பெரும் காந்தமாகச் செயல்படுகிறது என்பதும், இதன் காந்தத் தென்முனை பூகோள வடமுனையின் அருகிலும், காந்த வடமுனையானது பூகோளத் தென்முனையின் அருகிலும் இருக்க வேண்டுமென்பதும் புலனாகிறது.

ஒரு காந்தத்தினை அதன் வடமுனை கீழே இருக்கும்படி செங்குத்தாகத் தொங்கவிட்டு, அதன் வடமுனைக்கு அருகே ஒரு எஃகுத் துண்டினை (*AB*) அதன் *A* முனை வடமுனைக்கு அருகிலிருக்கும்படி கொண்டு வந்தால் *AB* ஆனது வடமுனையால் ஈர்க்கப்பட்டு அத்துடன் ஒட்டிக்கொள்ளும். இப்போது வேறொரு எஃகுத்துண்டினை *CD*, *B*–ன் அருகில் கொணர *CD*, *AB*–ஆல் ஈர்க்கப்பட்டு *B*–ல் ஒட்டிக்கொள்ளும். எனவே, *AB* ஆனது *NS* உடன் ஒட்டிக்கொண்டுள்ளதால் ஒரு காந்தமாகிவிட்டது என்பது தெரிகிறது. இப்போது, *AB*-ஐ இலேசாக காந்தக் கட்டையிலிருந்து (*NS*) பிரித்துவிட்டோமாலும் *CD*, *AB* உடன் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கக் காணலாம். *AB*, *CD* ஆகியவற்றைப் பிரித்து சோதனையிட *A*, *C* ஆகியவை தென் காந்த முனைகளாகவும், *B*, *D* ஆகியவை வட காந்த முனைகளாகவும் இருக்கக் காணலாம். இப்போது, இதே சோதனையை *EF* எனும் பிறிதொரு எஃகுத் துண்டினைக்கொண்டு, ஆனால், *EF* காந்தத்தைத் தொடாமலிருக்கும்படிப் பார்த்துக்கொண்டு செய்தாலும், *E*-ல் ஒரு தென்முனையும் *F*-ல் வடமுனையும் தூண்டப் பெற்றிருக்கக் காணலாம். இவ்வாறாக, ஒரு காந்தத்தைத் தொடுவதாலோ அல்லது தொடாமல் அதன் அருகில் வருவ



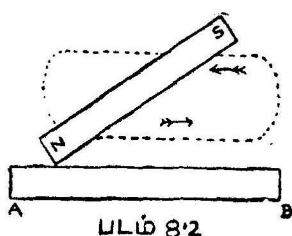
படம் 8·1

தாலோ பொருள்களில் காந்தம் தூண்டப்படும் இம்முறைக்குக் **காந்தத் தூண்டுதல்** (magnetic Induction) எனப் பெயர். இவ்வாறு காந்தத் தூண்டுதல் நிகழும்போது ஒரு பொருளின் ஒரு முனையானது காந்தத்தின் எந்த முனைக்கு அருகில் (அல்லது தொட்டுக்கொண்டு) உள்ளதோ அதற்கு எதிரான காந்தமுனை அந்த முனையில் தூண்டப்பெறும்.

ஒரே கனமுள்ள எஃகுத்துண்டுகளையும் தேனிரும்புத் துண்டுகளையும் (Soft iron) எடுத்துக்கொண்டு இதே சோதனையை மீண்டும் செய்தால் ஒரு காந்தத்தின்கீழ் ஒன்றன்கீழ் ஒன்றாகச் சில எஃகுத் துண்டுகளே ஒட்டிக்கொண்டு தொங்க முடியும்; ஆனால் அவற்றைவிட அதிகமான தேனிரும்புத் துண்டுகள் தொங்கமுடியும். எனவே, தேனிரும்பின் **காந்த ஏற்புத்திறன்** (susceptibility) அதிகம் என்பது தெரிகிறது. ஆனால், எஃகுத் துண்டை காந்தத்திலிருந்து பிரித்து அப்பால் எடுத்துச் சென்றுவிட்டாலும் அது தன் காந்தப் பண்புகளை விடாதிருக்க, தேனிரும்புத் துண்டு தன் காந்தப் பண்புகளை இழந்துவிடும். எனவே, எஃகிற்குக் காந்தத்தைத் தேக்கி வைக்கும் **ஆற்றல்** (Retentivity) அதிகம் என்பது தெரிகிறது.

எனவே, ஒரு எஃகுத் துண்டினைக்கொண்டு ஒரு வலுவான நிலைக்காந்தம் (Permanent magnet) செய்ய முடியும். இதற்குக் கீழ்க்கண்ட மூன்று முறைகளையும் கையாளலாம்.

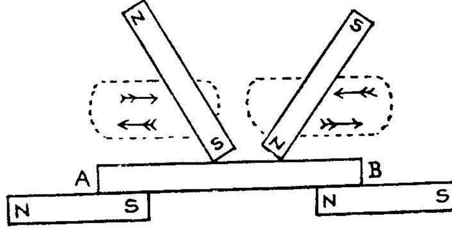
(i). **ஒற்றைத் தொடு முறை** (Single touch method): கொடுக்கப்பட்ட இரும்புத் துண்டினை (AB) கிடையாக மேசையின்மீது வைத்து நல்ல வலுவான ஒரு காந்தக் கட்டையின் வடமுனையை A-ன் மீது வைத்து அதனால் AB-ஐ அழுத்தித் தேய்த்தவாறு B-ஐ நோக்கி இழுத்து, பின் காந்தக் கட்டையை உயர்த்தி மீண்டும் அதே வடமுனையை A-ல் கொணர்ந்து B-ஐ நோக்கி தேய்த்தவாறு இழுத்து இவ்வாறாகப் பல முறைசெய்தபின், AB கட்டையைப் புரட்டிப்போட்டு மீண்டும் பலமுறை செய்தால் AB ஆனது A–ல் ஒரு வடமுனையையும் B–ல் ஒரு தென்முனையையும் பெறக் காணலாம்.



படம் 8·2

(ii) **இரட்டைத் தொடு முறை** (Double touch method): கொடுக்கப்பட்ட இரும்புத் துண்டு அதன் ஒரு முனை ஒரு

காந்தக் கட்டையின் தென் முனைமீதும், மற்றொரு முனை வேறொரு காந்தக் கட்டையின் வடமுனையின்மீதும் இருக்குமாறு (படம் 7·3) வைக்கப்பட்டு, அதன் மையத்தின்மீது



படம் 8·3

வேறிரு காந்தக்கட்டைகளின் எதிரெதிர் முனைகள் (படம் 8·3-ல் காட்டியவாறு) வைக்கப்பட்டு இரண்டும் எதிரெதிர்ப் பக்கங்களில் தேய்த்தவாறு இழுக்கப்பட்டு, துண்டின் இறுதிப் பகுதிகளுக்கு வந்தவுடன் தேய்க்கும் காந்தங்களை உயர்த்தி, முன்போல் மீண்டும் மையத்தில் வைத்து தேய்க்க வேண்டும். இவ்வாறு பலமுறை செய்ய இரும்புத்துண்டு காந்தமாகும்.

(iii) மின்முறை: ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின்மீது காப்பிடப்பட்ட செப்புக்கம்பியினை நெருக்கமாகச் சுற்றி அதன் வழியே மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால் குழாயினுள் வைக்கப்படும் இரும்புத் துண்டு காந்தமாகி விடும் (படம் 8.4). இது எஃகுத் துண்டானால் நிலைக் காந்தமாக இருக்கும். அவ்வாறின்றி தேனிரும்புத் துண்டானால், மின்சாரம் கம்பியில் பாயும்வரை அது காந்தமாக இருக்கும் ; மின்சார ஓட்டத்தை நிறுத்திய அக்கணமே அது காந்தப் பண்பை இழந்துவிடும். இவ்வாறு அமைக்கப்படும் தேனிரும்புக் காந்தங்கள் மின்காந்தங்கள் (Electromagnets) எனப்படும்.



படம் 8·4

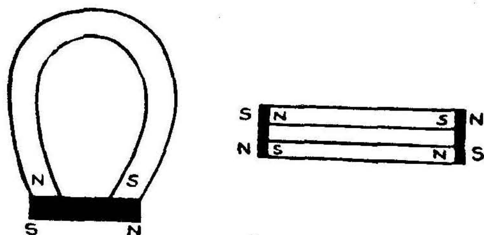
மேலே விவரித்த ஒற்றை அல்லது இரட்டைத் தொடு முறையில் ஓர் இரும்புக் கட்டையினைச் சிலமுறைத் தேய்த்த பின் அதிலுள்ள காந்தத்தின் வலுவினை சோதித்துக்கொண்டு, மீண்டும் சிலமுறை முன்போல் தேய்த்தபின்னர் அதன் காந்த

வலுவைப் பார்த்தால் முன்னைவிட அதிகமாக இருக்கக் காண லாம். ஆனால், தொடர்ந்து தேய்த்துக் கொண்டே இருந்தால் அதன் காந்த வலுவும் அளவற்றுப் பெருகிவிடுவதில்லை; மாறாக, ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் நின்றுவிடுகிறது. இப்போது அது காந்த நிறைநிலை (magnetic saturation) எய்திவிட்டதாகக் கூறுவோம்.

ஒரு காந்தக் கட்டையினை ஒரு சுத்தியால் தட்டினால், அல்லது கீழே போட்டால், அல்லது சூடேற்றினால் அது தன் காந்தத்தை இழக்கக் காணலாம்.

ஒரு காந்தத்தினை அதிர்வடையாமல் இரு துண்டுகளாக வெட்டினால் ஒவ்வொரு துண்டும் ஒரு காந்தமாகக் காணலாம். வெட்டப்பட்ட இடத்தில் தோன்றும் காந்த முனைகள் எதிரெதிர் முனைகளாக இருக்கும். இப்போது அவற்றுள் ஒரு துண்டினைத் துண்டாடினால் அவ்விரண்டும் காந்தங்களாக இருக்கும். இவ்வாறே மூலக்கூறு அளவிற்குச் சிதறும்வரை துண்டாடிக்கொண்டே போகலாம். அந்த நிலையிலும் ஒவ்வொரு மூலக்கூறு இரு காந்தமுனைகளைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, தனியாக ஒரு காந்த முனையைப் பிரித்தெடுக்க முடி யாது என்பது தெரிகிறது.

காந்தக் கட்டைகளைத் தனித்தனியே வைத்திருந்தால் நாளடைவில் அவை தம் காந்தத்தை இழக்க வாய்ப்புண்டு. எனவே, அவை எப்போதும் இரட்டைகளாக, எதிரெதிர் முனைகள் ஒரு பக்கத்தில் இருக்கும்படி வைத்து இரு கோடி



படம் 8·5

களிலும் இரு தேனிரும்புத் துண்டுகளை படம் 7·5–ல் காட்டிய வாறு வைக்கவேண்டும். இதனால், தனியான ஒரு காந்தமுனை இல்லாது செய்துவிடுகிறோம். லாடக் காந்தங்களையும் அவற் றின் இரு முனைகளையும் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்படி ஒரு

தேனிரும்புத் துண்டை வைத்தே காக்க வேண்டும். இவ்வாறு பயன்படுத்தும் தேனிரும்புத் துண்டுகள் நிலைநிறுத்திகள் (Keepers) எனப்பெறும்.

காந்த முனைகளுக்கிடையே விசை

ஒத்த காந்த முனைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத் தள்ளும் எனவும், எதிரெதிர் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் எனவும் கண்டோம். எனவே, எந்த இரு காந்த முனைகளுக்கிடையேயும் ஒரு விசை உள்ளதென தெரிகிறது. இதனை ஆய்ந்த பிரெஞ்சு அறிவியல் மேதை கூலம்பு (Coulomb) "இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள விசை அந்த முனைகளின் வலுக்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர் விகிதத்திலும், அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும்" எனக் காண்பித்தார். இம்முடிவின் பின்பகுதி "இருபடி எதிர்விகித விதி" (Law of inverse squares) எனப்படும்.

எனவே, m_1, m_2 வலுவுடைய இரு காந்தமுனைகள் ஒன்றுக்கொன்று d தூரத்தில் வைக்கப்பட்டால், அவற்றிற்கிடையே உள்ள விசை,

$$F \propto m_1 \times m_2$$

$$\propto \frac{1}{d^2}$$

எனவே,
$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

அல்லது,
$$F = K \frac{m_1 m_2}{d^2} \longrightarrow (1)$$
இங்கே K என்பது ஒரு மாறிலியாகும். முனைவலுவிற்கான ஒரு அலகினைத் தகுந்த முறையில் தேர்ந்தெடுப்பதன் வாயிலாக K-ன் மதிப்பை ஒன்றுக்குச் சமமாக்கிவிடலாம்.

ஒரு காந்த முனையானது அதிலிருந்து ஒரு சென்டி மீட்டர் தூரத்தில் வெற்றிடத்தில் அல்லது காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள, அதனை முற்றிலும் ஒத்த பிறிதொரு காந்த முனையை ஒரு டைன் (Dyne) விசையுடன் எதிர்த்துத் தள்ளுமானால் அதன் வலு ஒரு செ. கி. வி. அலகு (C. G. S. Unit) எனப்படும்.

எனவே, இந்த வரையறைப்படி $m_1=m_2=1$ செ.கி.வி. அலகும், $d=1$ செ.மீ. உம் ஆனால், $F=1$ டைன் ஆக இருக்க வேண்டும். எனவே, இவற்றை (1) வது சமன்பாட்டில் பதிலிட

$$1=K.\frac{1 \cdot 1}{1^2}$$

அல்லது, $K=1$.

எனவே, $F=\frac{m_1 m_2}{d^2}$

குறிப்பு: இந்த முறையில் வரையறுக்கப்படும் முனை வலுவிற்கான அலகிற்குத் தனிப்பெயர் ஏதுமில்லை; செ.கி.வி. அலகு எனவே குறிக்கப்பெறும். வடமுனையின் வலுவை நேர்குறி உடையதாகவும், தென்முனையின் வலுவை எதிர்க்குறி உடையதாகவும் எடுத்துக்கொள்வது வழக்கம். எனவே, மேற்கண்ட வாய்பாட்டிலிருந்து கிடைக்கும் விசையின் மதிப்பு, இரு முனைகளும் வட அல்லது தென் முனைகளாக இருந்தால் நேர்குறி உடையதாகவும், ஒன்று வடமுனையாகவும் மற்றது தென்முனையாகவும் இருந்தால் எதிர்க்குறி உடையதாகவும் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 10 செ.கி.வி. அலகு வலுவுள்ள ஒரு வடமுனையானது 100 செ.கி.வி. அலகுள்ள ஒரு வடமுனையிலிருந்து 5 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ளது. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள விசை யாது?

$$F=\frac{m_1 \times m_2}{d^2} \text{ ஆனதால்,}$$

$$=\frac{10 \times 100}{5^2}$$

$$= 40 \text{ டைன்.}$$

F நேர்குறி உடையதாகையால் இது எதிர்ப்பு விசையாகும்.

(2) 500 செ.கி.வி. அலகு வலுவுள்ள ஒரு வடமுனையை அதிலிருந்து 10 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள மற்றொரு காந்த முனையை 300 டைன் விசையுடன் இழுக்கிறது. அது என்ன முனை? அதன் வலுவென்ன?

வடமுனை இழுப்பதால் அது தென்முனையாகும்.

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2} \text{ ஆனதால்,}$$

$$300 = \frac{500 \times m_2}{10^2}$$

அல்லது, $m_2 = \frac{300 \times 100}{500}$

அல்லது, $m_2 = 60$ செ.கி.வி. அலகு.

(3) 20 செ.கி.வி. அலகு வலுவுடைய ஒரு வடமுனை 18 செ. கி.வி. அலகு வலுவுடைய பிறிதொரு வடமுனையை 10 டைன் விசையோடு எதிர்த்துத் தள்ளினுல் இரு முனைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன ?

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2} \text{ ஆனதால்,}$$

$$10 = \frac{20 \times 18}{d^2}$$

அல்லது, $d^2 = \frac{20 \times 18}{10} = 36$

அல்லது, $d = 6$ செ.மீ.

காந்தப் புலம் (magnetic field)

ஒரு காந்த முனையின் அருகில் வேருெரு காந்தமுனையைக் கொண்டு வந்தால் அதனை இது ஒரு விசையோடு எதிர்க்கவோ அல்லது ஈர்க்கவோ செய்யும் என்பதனையும், இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள தூரம் அதிகரித்தால் இந்த விசை குறையும் எனவும் கண்டோம். மேலும், கொள்கை அளவில் பார்த்தால் தூரம் வரம்பிலி ஆனுல்தான் இந்த விசை சுழியாகும். ஆனுல், நடைமுறையில் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்திலேயே இது இல்லையெனச் சொல்லுமளவிற்குச் சிறிதாகி விடும். எனவே, ஒரு காந்தமுனை அல்லது காந்தக்கட்டையானது அதிலிருந்து இந்த தூரத்திற்குள் வரும் காந்தமுனைகள் அல்லது அயக்காந்தப் பொருள்களின்மீது விசையினைத் தொழிற்படுத்தும். இவ்வாருக, ஒரு காந்தமுனை அல்லது காந்தக் கட்டையைச் சுற்றிலும் உள்ள அதன் ஆளுகை செல்லக்கூடிய வட்டாரம் அதன் காந்தப்புலம் எனப்படும்.

இந்தக் காந்தப் புலத்தில் ஓரிடத்தில் வைக்கப்படும் ஒரு அலகு காந்த வடமுனையின்மீது எவ்வளவு விசை தொழிற்படுகிறதோ அதுவே அந்த இடத்தில் அந்தக் காந்தப் புலத்தின் வலு அல்லது செறிவு எனப்படும். எனவே, காந்தப் புலத்தின் செறிவு ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதன் திசையானது காந்த வடமுனையின் மீதுத் தொழிற்படும் விசையின் திசையேயாகும். எனவே, ஒரு தென் முனையை ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைத்தால் அது காந்தப் புலத்தின் திசைக்கு எதிர்ப்புறமாக நகரும் அல்லது நகர முயலும்.

காந்தப் புலத்தின் செறிவின் அலகு ஈர்ஸ்டெட் (oersted) ஆகும். ஒரு காந்தப் புலத்தில் ஓரிடத்தில் வைக்கப்பட்ட ஒரு செ.கி.வி. அலகு காந்த வடமுனையின் மீது ஒரு டைன் விசை தொழிற்படுமானால் அந்த இடத்தில் காந்தப் புலத்தின் செறிவு ஒரு ஈர்ஸ்டெட் எனப்படும்.

எனவே, H ஈர்ஸ்டெட் காந்தப் புலத்தில் ஒரு அலகு காந்த முனையை வைத்தால் H டைன் விசை தொழிற்படும்; m அலகு காந்த முனையை வைத்தால் அதன்மீது தொழிற்படும் விசை,

$$F = mH \text{ டைன்}$$

ஆகும்.

காந்தப் புலத்தின் இந்த அலகினை முன்னரெல்லாம் காஸ், (gauss) என வழங்கி வந்தனர். ஆனால் காஸ் என்பது இப்போது காந்தத் தூண்டுதலைக் குறிக்கும்.

சீரான காந்தப்புலம்

ஒரு காந்தப் புலத்தின் எல்லா இடங்களிலும் ஒரு அலகு காந்த வடமுனையானது ஒரே அளவுள்ள விசைக்கு ஆட்படுமானால் அது ஒரு சீரானக் காந்தப்புலம் எனப்படும். எனவே, சீரானக் காந்தப்புலம் என்பது எல்லாவிடத்தும் ஒரே அளவும் ஒரே திசையும் உடையது என வரையறுக்கலாம்.

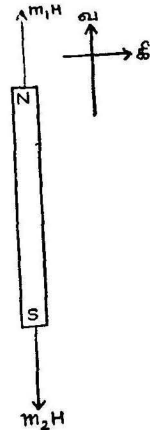
பூமியே ஒரு பெரும் காந்தக் கட்டைபோல் செயல்படுகிறது எனக்கண்டோம். எனவே, இதனால் ஒரு காந்தப்புலம் உள்ளது. இந்தப் புலம் கிடைத்தளத்திற்கு சாய்ந்த திசையில் உள்ளது இதன் கிடைக்கூறினை எடுத்துக் கொண்டால் அது பூமியின் காந்தப் புலத்தின் கிடைச் செறிவு (horizontal intensity) எனப் படும். இதன் மதிப்பு பூமியின் மீது வெவ்வேறு இடங்களில்

வெவ்வேருக இருக்குமாறைலும் ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டாரத்திற்கும் இது ஒரு மாறிலி எனக்கொள்ளலாம். எனவே, எந்த ஒரு வட்டாரத்திலும் பூமியின் காந்தப் புலம் சீரானது ஆகும்.

காந்த முனைகளின் சமத்துவம்

எந்த ஒரு காந்தக் கட்டைக்கும் இரு காந்த முனைகள் உள்ளன எனவும், நீண்ட ஒரு காந்தக்கட்டையின் முனைகள் அதன் முனைக் கோடிகளிலேயே உள்ளன எனவும் பார்த்தோம். இந்தக் காந்த முனைகளின் ஊடு செல்லும் ஒரு நேர்கோடு அதன் காந்த அச்சு (magnetic axis) எனப்படும். இது அதன் வடிவ அச்சுடன் (geometric axis) ஒன்றி இருக்கலாம், இல்லாமலும் இருக்கலாம். இரு காந்த முனைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் அந்தக் காந்தக் கட்டையின் நீளம் எனப்படும்.

ஒரு காந்தக் கட்டையின் இரு காந்த முனைகளும் ஒத்த வலுவுள்ளவையாக இருக்கும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு மெய்ப்பிக்கலாம். ஒரு காந்தக் கட்டையின் இரு காந்த முனைகளும் வெவ்வேறு வலுவுள்ளனவையாக இருந்தால் அவற்றை m_1 m_2 எனக்கொள்வோம். இதனை ஒரு தக்கையின்மீது வைத்து நீரில் மிதக்கவிட்டால், இறுதியில் வடதென் திசையில் இது நிலைக்கு வரும். இது பூமியின் காந்தப் புலத்தின் கிடைச்செறிவின் ஆளுகையில் உள்ளதனல் இதன் வடமுனையின் மீது m_2H என்ற விசை தெற்கு நோக்கியும் தொழிற்படும். காந்தம் அமைதி நிலையில் உள்ளதால், அதன் மீதுள்ள தொகுபயன் விசை சுழியாகும். எனவே, $m_1 H - m_2 H = 0$ அல்லது $m_1 = m_2$. எனவே, ஒரு காந்தக்கட்டையின் இரு காந்த முனைகளும் ஒரே வலுவுடையன.

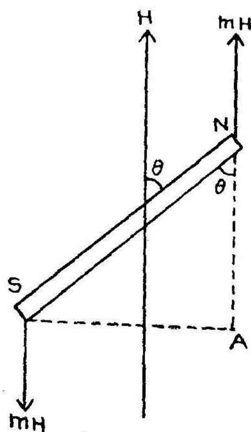


படம் 8·6

காந்தப்புலத்தில் காந்தத்தின்மீது விசைப்பிணை —காந்தத்தின் சுழற்று திறன்.

H செறிவுடைய ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தில், புலத்திற்கு θ கோணம் சாய்வாக அச்சு இருக்குமாறு ஒரு காந்தக் கட்டையை வைப்போம். இதன் காந்தமுனை வலு m ஆகவும், நீளம் $2l$ ஆகவும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது வடமுனையின் (N) மீது mH என்ற விசை Hன் திசையிலும், தென்

முனையின் (S) மீது mH என்ற விசை Hக்கு எதிர்த் திசையிலும் தொழிற்படும். எனவே, NS என்ற காந்தக் கட்டையின்மீது இரு சமமான எதிரெதிர் விசைகள் இருவேறு புள்ளிகளில் தொழிற்படுகின்றன. எனவே, இவை ஒரு விசைப் பிணையை உருவாக்குகின்றன. இதனால் காந்தக்கட்டை தொடர்ந்து சுழலும். இவ்விசைப் பிணையின்



படம் 8.7

சுழற்று திறன் = ஏதேனும் ஒரு விசை × இரண்டிற்கும் இடையே உள்ளசெங்குத்துத்தூரம்

எனவே,

சுழற்று திறன், $C = mH \times SA$
(படம் 8.7. பார்க்க)

அல்லது, $C = mH \times NS \sin\theta$

அல்லது, $C = MH \sin\theta$.

இங்கே $M = m \times 2l$ ஆகும்.

இப்போது, புலத்தின் வலு ஒன்றாகவும், புலத்திற்குச் செங்குத்தாக காந்தத்தின் அச்சு இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டு இருந்தாலும், அதாவது $H = 1$, $\theta = 90°$ அல்லது $\sin\theta = 1$.
சுழற்று திறன், $C = M \times 1 \times 1 = M$.

இந்த சுழற்று திறனின் மதிப்பு காந்தக் கட்டையின் காந்தச்சுழற்றுதிறன் (magnetic moment) எனப்படும். எனவே, ஒரு ஈர்ஸ்டெட் செறிவுடைய ஒரு சீரானக் காந்தப்புலத்தில் அதற்குச் செங்குத்தாக அச்சிருக்கும்படி ஒரு காந்தக் கட்டை வைக்கப்படும்போது அதன்மீது தொழிற்படும் விசைப்பிணையின் அளவே அந்தக் காந்தக் கட்டையின் சுழற்று திறன் எனப்படும். அதன் மதிப்பு அதன் காந்த முனையின் வலுவை அதன் நீளத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும் பலனாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

ஒரு காந்தத்தின் சுழற்று திறன் 1500 செ.கி.வி. அலகு. இது 0.38 செறிவுடைய ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும்

போது அதன் ஒவ்வொரு முனையின் மீதும் 57 டைன் விசைத் தொழிற்படுகிறது. காந்தத்தின் நீளம் யாது? இந்தக் காந்தத்தை இதே புலத்தில், புலத்திற்கு 30° சாய்வாக வைத்தால் அதன் மீது தொழிற்படும் விசைப்பிணை யாது?

காந்த முனையின் மீது தொழிற்படும் விசை, $F = mH$. எனவே,

$$57 = m \times 0.38$$

அல்லது, $m = \frac{57}{0.38} = 150$ செ.கி.வி. அலகுகள்

காந்தத்தின் சுழற்று திறன் $M = m \times 2l$ ஆனதால்,

$$1500 = 150 \times 2l.$$

அல்லது, $2l = \frac{1500}{150} = 10$

எனவே, காந்தத்தின் நீளம் $(2l) = 10$ செ.மீ.

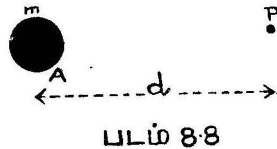
இதனை காந்தப் புலத்தில் 30° சாய்வாக வைக்கும்போது, சுழற்று திறன் $C = MH \sin \theta$. எனவே,

$$C = 1500 \times 0.38 \times \sin 30$$
$$= 1500 \times 0.38 \times \tfrac{1}{2}$$
$$= 1500 \times 0.19$$

$= 285$ செ கி. வி. அலகுகள்.

ஒரு காந்தமுனையால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

A எனும் புள்ளியில் m வலுவுடைய ஒரு காந்த முனை இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதிலிருந்து d தூரத்தில் P என்ற புள்ளியில் காந்தப் புலத்தின் வலுவைக் காண வேண்டுமானால், Pல் ஒரு செ.கி.வி. அலகு வலுவுடைய ஒரு காந்த வடமுனையை வைப்போம், இப்போது. இதன் மீது தொழிற்படும் விசை,



படம் 8·8

$$F = \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

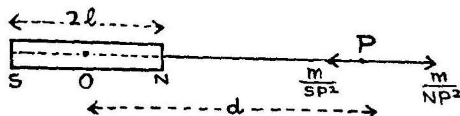
அல்லது, $F = \frac{m \times 1}{d^2} = \frac{m}{d^2}$ டைன்.

ஆனால், காந்தப்புலத்தின் வரையறைப்படி ஒரு அலகு வலுவு டைய காந்தமுனையின்மீது தொழிற்படும் விசையே அப்புள்ளி யில் காந்தப்புலம் ஆதலான், இதுவே காந்தப்புலத்தைக் குறிக்கும்.

எனவே, m வலுவுடைய ஒரு காந்தமுனையிலிருந்து d தூரத்திலுள்ள புள்ளியில் காந்தப்புலம் $\frac{m}{d^2}$ ஆகும். வடமுனை யாக இருந்தால் இப்புலத்தின் திசை AP ஆகவும், தென்முனை யாக இருந்தால் PA ஆகவும் இருக்கும் என்பது தெளிவு.

ஒரு காந்தக் கட்டையின் அச்சின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலம்.

m முனை வலுவும், M சுழற்று திறனும், $2l$ நீளமும் உடைய ஒரு காந்தக் கட்டையின் (NS) அச்சின்மீது அதன் மையம் O



படம் 8·9

விலிருந்து d தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். காந்தப் புலத்தைக் காண, இப்புள்ளியில் ஒரு அலகு வலுவுடைய ஒரு காந்த வடமுனையை வைக்க வேண்டும். இதன்மீது தொழிற்படும் விசையே அளவாலும் திசையாலும் அப்புள்ளியில் காந்தப் புலமாகும். எனவே,

Pலுள்ள ஒரு அலகு வலுவுடைய காந்த வடமுனையின் மீது Nஆல் ஏற்படும் விசை $= \frac{m}{NP^2}$, இது NP திசையில் இருக்கும்.

Pலுள்ள ஒரு அலகு வலுவுடைய காந்த வடமுனையின்மீது S ஆல் தொழிற்படும் விசை $= \frac{m}{SP^2}$ இது PS திசையில் இருக்கும்.

எனவே, Pலுள்ள ஒரு அலகு வலுவுடைய காந்த வட முனையின்மீது NS–ஆல் தொழிற்படும் விசை $= \frac{m}{NP^2} - \frac{m}{SP^2}$, NP திசையில்

$$= \frac{m}{(d-l^2)} - \frac{m}{(d-l^2)}, \text{ NP திசையில்}$$

$$= \frac{m[(d+l)^2 - m(d-l)^2]}{(d-l)^2\ (d+l)^2}, \text{ NP திசையில்}$$

$$= \frac{m[(d+l)^2 - (d-l)^2]}{(d^2-l^2)^2}, \text{ NP திசையில்}$$

$$= \frac{m \times 4dl}{(d^2-l^2)^2}, \text{ NP திசையில்}$$

$$= \frac{2 \times (m \times 2l) \times d}{(d^2-l^2)^2}, \text{ NP திசையில்}$$

$$= \frac{2\ Md}{(d^2-l^2)^2}, \text{ NP திசையில்}$$

எனவே, Pல் காந்தப்புலம் $F_A = \frac{2\ Md}{(d^2-l^2)^2}$, NP திசையில்

காந்தக் கட்டை சிறியதாக இருக்குமானால், அதாவது, d யோடு ஒப்பிட l சிறிதாக இருக்குமானால் $\frac{l}{d}$ மிகவும் சிறியதாக இருக்கும். எனவே, $\frac{l^2}{d^2}$ என்பது மிகமிகச் சிறிதாக இருக்கும். இதனைப் புறக்கணித்துவிடலாம்.

$$\text{எனவே, } F_A = \frac{2\ md}{d^4\left(1 - \frac{d^2}{l^2}\right)} = \frac{2\ Md}{d^4} = \frac{2\ M}{d^3}$$

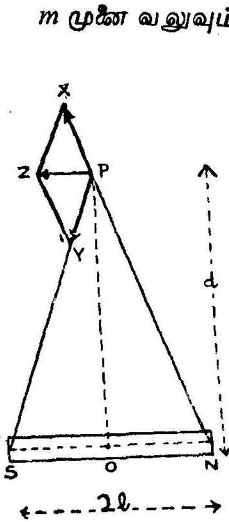
எனவே, குட்டையான காந்தக் கட்டைக்கு அதன் அச்சின் மீதுள்ள புள்ளியின் காந்தப் புலம்.

$$F_A = \frac{2\ M}{d^3}$$

ஒரு காந்தக் கட்டையின் நடுக்கோட்டின் (equatorial line) மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

காந்தக் கட்டையின் நடுக்கோடு என்பது அதன் மையத்தின் வழியாக அதன் அச்சிற்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் கோடாகும்.

m முனை வலுவும் M சுழற்று திறனும், $2l$ நீளமும் உடைய ஒரு காந்தக் கட்டையின் (NS) நடுக் கோட்டின்மீது, அதன் மையம் O விலிருந்து d தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். இப்புள்ளியில் காந்தப் புலத்தைக் காண, அங்கே ஒருஅலகு வலுவுடைய ஒரு காந்த வடமுனையை வைக்க வேண்டும். அதன்மீது தொழிற்படும் விசை அளவாலும், திசையாலும் Pல் உள்ள காந்தப் புலனாகும். எனவே, Pல் வைக்கப்படும் ஒரு அலகு வலுவுடைய காந்த முனையின்மீது காந்தக் கட்டையின் வடமுனையால் (N) $\frac{m}{NP^2}$ என்ற விசை NP வழியாகவும், தென் முனையால் (S) $\frac{m}{SP^2}$ என்ற விசை PS திசையிலும் தொழிற்படுகின்றன. இவற்றின் தொகுபயனைக் காண்பதற்காக வேண்டி, NPஐ நீட்டிய கோட்டில் $\frac{m}{NP^2}$ஐ அளவாலும் திசையாலும் குறிக்க PX என்ற கோட்டையும், PS மீது $\frac{m}{SP^2}$ஐ அதேபோல் குறிக்க PY என்ற கோட்டையும் எடுத்துக் கொண்டு $PX\ ZY$ என்ற இணைகரத்தை முழுமையாக்க வேண்டும். இப்போது, இதன் மூலைவிட்டம் PZ தான் இரு விசைகளின் தொகுபயனைக் குறிக்கும் (விசைகளுக்கான இணைகர விதி).



படம் 8·10

PXZ, NPS என்ற இரு முக்கோணங்களும் ஒத்தவை என்பது எளிதில் புலனாகும். எனவே,

$$\frac{PZ}{NS} = \frac{PX}{NP}$$

அல்லது, $$PZ = \frac{PX}{NP} NS$$

ஆனால் PX என்பது $\frac{m}{PN^2}$ ஐக் குறிப்பதாலும், $NS = 2l$ ஆன தாலும்,

$$PZ = \frac{m}{NP^2} \cdot \frac{2l}{NP} = \frac{M}{NP^3}.$$

ஆனால் NOP என்ற செங்கோண முக்கோணத்திலிருந்து

$$NP^2 = OP^2 + ON^2 = d^2 + l^2$$

எனவே, $$NP^3 = (d^2 + l^2)^{3/2}.$$

எனவே, $$PZ = \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$

மேலும், $\angle XPZ = \angle PNS$ ஆனதால், PZ ஆனது, NSக்கு இணையாக இருக்கும்.

இந்தத் தொகுபயனை விசைதான் Pலுள்ள காந்தப் புலம்,

$$F_B = \frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}},$$ NSக்கு இணையான திசையில்.

காந்தக் கட்டை சிறியதானல் முன்போல் $\frac{l^2}{d^2}$ ஐ மிகச் சிறிதெனப் புறக்கணித்து விடலாமானதால்.

$$F_B = \frac{m}{d^3\left(1 + \frac{l^2}{d^2}\right)^{3/2}} = \frac{M}{d^3}.$$

எனவே, குட்டையான காந்தக் கட்டைக்கு அதன் நடுக் கோட்டின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலம்.

$$F_B = \frac{M}{d^3}$$

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 6 செ. மீ. நீளமும், 200 செ.கி.வி. அலகு முனை வலுவும் உடைய ஒரு காந்தக் கட்டையின் மையத்திலிருந்து 7 செ. மீ. தூரத்தில் (அ) அதன் அச்சின்மீது (ஆ) அதன் நடுக்கோட்டின் மீது உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலம் என்ன ?

(அ) அச்சின்மீது

m — 200 செ. கி. வி. அலகு, $2l = 6$ செ. மீ. அல்லது $l = 3$. செ. மீ. எனவே,

$M = m \times 2l = 200 \times 6 = 1200$ செ.கி.வி. அலகு. மேலும் $d = 7$ செ. மீ. எனவே,

$$Fa = \frac{2\,Md}{(d^2 - l^2)^2}$$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்த,

$$Fa = \frac{2 \times 1200 \times 7}{(7^2 - 3^2)^2} = \frac{2 \times 1200 \times 7}{40^2}$$

அல்லது, $Fa = 10.5$ ஏர்ஸ்டெட்.

(ஆ) நடுக்கோட்டின்மீது

$$Fb = \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$ ஆனதால்

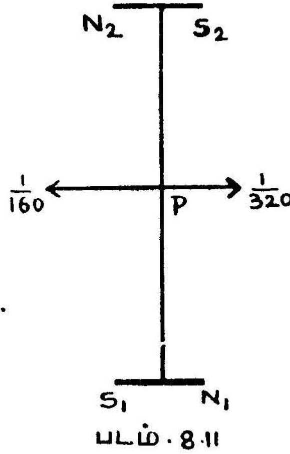
$$Fb = \frac{1200}{(7^2 + 3^2)^{3/2}} = \frac{1200}{(58)^{3/2}}$$

அல்லது, $Fb = 2{\cdot}717$ ஏர்ஸ்டெட்.

(2) ஒவ்வொன்றும் 2 செ. மீ. நீளமுடைய இரு காந்தக் கட்டைகள் அவற்றின் வடமுனைகள் எதிரெதிர்த் திசைகள் இருக்கும்படியும், அவற்றின் அச்சுகள் இணையாகவும், அவற்றின் மையங்களை இணைக்கும் கோடு அச்சுகளுக்குச் செங் குத்தாகவும், மையங்கள் 80 செ.மீ. தூரத்தில் இருக்கும்படியும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் முனை வலுக்கள் முறையே 100, 200. ஆனால், அவற்றை இணைக்கும் நடுக்கோட்டின் மையத்தில் உள்ள காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிடு.

இரு காந்தக் கட்டைகளுக்கும் நீளம் $2l = 2$ செ. மீ. ஆனதால் $l = 1$ செ. மீ. மேலும் அவற்றின் மையங்களை

இணைக்கும் கோட்டின் மையத்தில் புலத்தைக் காண வேண்டு மாதலின் $d = 40$ செ. மீ.



படம் . 8.11

எனவே. $\frac{l}{d} = \frac{1}{40}$.

எனவே, $\frac{l^2}{d^2} = \frac{1}{1600}$.

இது மிகவும் சிறியதானதால் இவற்றை குட்டையான காந்தக் கட்டைகள் எனக் கொள்ளலாம்.

இந்த மையப்புள்ளி Pல்

N_1S_1 ஆல் காந்தப்புலம் $= \frac{M_1}{d_1^3} = \frac{m_1 \times 2l_1}{d_1^3} = \frac{100 \times 2}{40^3}$

$= \frac{1}{320}$ ஈர்ஸ்டெட், N_1S_1க்கு இணை யான திசையில்.

N_2S_2 ஆல் காந்தப்புலம் $= \frac{M_2}{d_2^3} = \frac{m_2 \times 2l_2}{d_2^3} = \frac{200 \times 2}{40^3}$

$= \frac{1}{160}$ ஈர்ஸ்டெட், N_2S_2க்கு இணை யான திசையில், அல்லது N_1S_1க்கு எதிர்த் திசையில்.

எனவே, Pல் தொகு பயனுன காந்தப்புலம் $\Big\} = \frac{1}{160} - \frac{1}{320} = \frac{1}{320}$ ஈர்ஸ்டெட்

இது N_2S_2க்கு இணையான திசையில் இருக்கும்.

புவியின் காந்தப்புலம்

புவியின்மீது எந்தவிடத்தில் ஒரு காந்த ஊசியைத் தொங்க விட்டாலும் அது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலேயே நிற்கிறது எனவும், அதனுல் புவியின்மீது எல்லா இடத்திலும் காந்தப் புலம் உள்ளது எனவும், எனவே பூமியையே ஒரு பெரும் காந்தக் கட்டையாகக் கருதலாம் எனவும், இதன் வட, தென் முனைகள் புவியின் பூகோள தென், வட முனைகளுக்கு அருகே உள்ளன எனவும் கண்டோம். எனவே, பூமியின் காந்த முனைகள் பூகோள முனைகளுக்குத் தள்ளி உள்ளதால் பூமியின் காந்த அச்சு பூகோள அச்சிற்குச் சற்று விலகி உள்ளது. பூகோள வட, தென் முனைகள் வழியாகவும், குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்தின் வழியாகவும் செல்லுகின்ற ஒரு செங்குத்துத் தளம் அந்த இடத்தின் பூகோள மைவரை வட்டம் (Geographic meridian) எனப்படும். இதேபோல, புவியின் வட, தென் காந்த முனைகள் வழியாகவும், குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்தின் வழியாகவும் செல்லுகின்ற ஒரு செங்குத்துத் தளம் அந்த இடத்தின் காந்த மைவரை வட்டம் (Magnetic meridian)) எனப் படும். எனவே, காந்த மைவரை வட்டம் ஒரு கிடையான மேற்பரப்பை ஒரு நேர்கோட்டில் வெட்டும் என்பது வெளிப் படை. வழக்கமாக, இந்த நேர்கோட்டையே காந்த மைவரை வட்டம் எனக் கொள்வோம். கிடையாகத் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு காந்த ஊசி இந்த நேர்கோட்டில்தான் நிற்கும்.

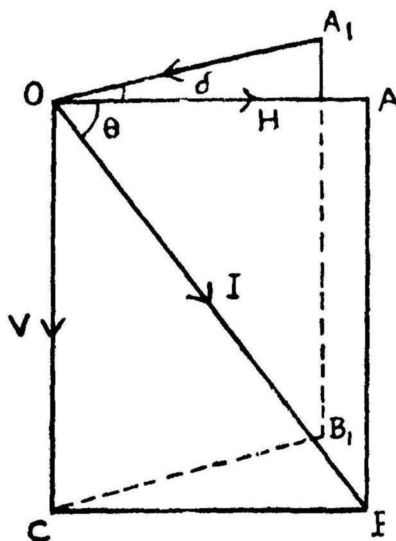
மேற்கண்டவற்றிலிருந்து பூகோள மைவரை வட்டமும் காந்த மைவரை வட்டமும் ஒன்றுக்கு ஒன்று கோண அளவில் விலகி இருக்கும் என்பது தெளிவு. இவ்விரண்டிற்கும் இடையே உள்ள கோணமே அந்த இடத்தின் காந்த விலக்கம் (Magnetic declination) எனப்படும்.

இப்போது, ஒரு நீண்ட, மெல்லிய காந்த ஊசியினை ஒரு கிடையான அச்சின்மீது சுழலுமாறு அமைத்தால் அது கிடை யாக அமைதிக்கு வராமல் சற்று சாய்ந்து காணப்படும். எந்த ஒரு காந்த ஊசியும் அது உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே அமைதிக்கு வருமானதால் பூமியின் காந்தப் புலம் கிடையாக இல்லாமல் சற்று சாய்ந்து இருக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. காந்தப்புலத்தின் முழுச்செறிவு கிடைத்

தளத்திற்கு எவ்வளவு கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளதோ அது அந்த இடத்தின் காந்தச்சாய்வு (Magnetic dip) எனப்படும்.

பூமியின் காந்தப்புலத்தின் முழுச்செறிவை கிடைத்தளத்திலும், செங்குத்துத் திசையிலும் இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். கிடைத்தளத்தில் பூமியின் காந்தப்புலத்தின் கூறு அந்த இடத்தின் கிடைச்செறிவு (Horizontal intensity) எனவும், செங்குத்துத் திசையில் அதன் கூறு செங்குத்துச்செறிவு (Vertical intensity) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

படம் 8·12–ல் $OABC$ என்பது ஓரிடத்தில் காந்த மைவரை வட்டத்தையும், $OA_1\ B_1\ C$ என்பது அங்கே பூகோள மைவரை



படம் 8·12

வட்டத்தையும் குறிக்குமானால் δ என்பது அந்த இடத்தின் காந்த விலக்கம் என்பது தெளிவு. அங்கே, பூமியின் காந்தப் புலம் (I) ஆனது OB திசையில் இருக்குமானால் $\underline{|AOB}=\theta$ என்பது அந்த இடத்தின் காந்தச் சாய்வைக் குறிக்கும். இப்போது OB ஆனது பூமியின் முழு காந்தப்புலத்தைக் (I) குறிக்குமானால் OA என்பது அதன் கிடைச்செறிவையும் (H), OC ஆனது செங்குத்துச் செறிவையும் (V) குறிக்கும். படத்திலிருந்து,

$$H = I \, Cos \, \theta,$$

$$V = I \, Sin \, \theta.$$

எனவே. $H^2 + V^2 = I^2 \, Cos^2 \, \theta + I^2 \, Sin^2 \theta$

அல்லது, $H^2 + V^2 = I^2 \quad \longrightarrow (1)$

மேலும், $\frac{V}{H} = tan \, \theta \quad \longrightarrow (2)$

ஓரிடத்தின் காந்த ஒதுக்கம் (δ) தெரிந்தால் அங்கே காந்தப்புலம் எந்தத் தளத்தில் இருக்கும் என்பது அதாவது, காந்த மைவரை வட்டத்தின் நிலை தெரிந்துவிடும். இனி, காந்தச்சாய்வு (θ) தெரிந்தால் இந்தத் தளத்தில் (காந்த மைவரை வட்டத்தில்) என்ன திசையில் காந்தப்புலம் உள்ளது என்பது தெரியும். இப்போது கிடைச்செறிவும் தெரிந்து விட்டால், (1), (2) சமன்பாடுகளைக்கொண்டு முழுச்செறிவையும் கணக்கிட்டுவிடலாம். எனவே, ஓரிடத்திலுள்ள காந்தப் புலத்தினை முழுவதுமாக அறிந்துகொள்ள காந்த ஒதுக்கம், காந்தச்சாய்வு, கிடைச்செறிவு ஆகிய மூன்றும் தேவை என்பது தெரிகிறது. இம் மூன்றுமே புவியின் காந்தப் புலத்தின் கூறுகள் (Magnetic elements) எனப்படும்.

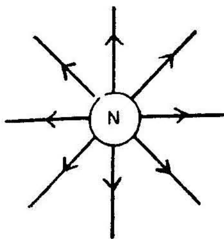
விசைக்கோடு (Line of force)

ஒரு காந்தப்புலத்தில் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அதன் வலு என்பது அங்கே வைக்கப்படும் ஒரு அலகு வலுவுள்ள ஒரு காந்த வட முனையின்மீது தொழிற்படும் விசையே எனப் பார்த்தோம். உண்மையில் ஒரு தனி காந்தமுனையை அடைய முடியாதென நமக்குத் தெரியும். இருந்தாலும் அப்படி ஒரு தனி காந்த வட முனையைப் பிரித்தெடுத்துக்கொண்டுள்ள தாகக் கொள்வோம். இதனை காந்தப்புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் வைக்க அதன்மீது ஒரு விசை தொழிற்படும். இப்போது இந்த காந்தமுனை கட்டின்றி (freely) நகரக்கூடிய வகையில் இருக்குமானால் அது இவ்விசையின் காரணமாக நகரும். காந்தப்புலம் சீரானதாக இருக்குமானால் இது ஒரே நேர் கோட்டில் சென்று கொண்டிருக்கும். இல்லெனின் காந்தப் புலத்தின் திசைமாறினால் இதன் போக்கும் மாறும். எனவே, இதன் போக்கைக் குறிக்கும் கோட்டிற்கு எந்த இடத்தில் ஒரு தொடுகோட்டினை (tangent) வரைந்தாலும் அது அந்த இடத்தில் காந்தப் புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும். இத்தகைய

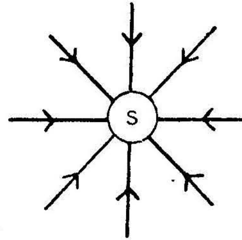
ஒரு கற்பனைக் கோடே காந்த விசைக்கோடு (magnetic line of force) எனப்படும்.

கட்டின்றி நகரக்கூடிய, ஒரு தனி காந்த வடமுனை ஒரு காந்தப் புலத்தில் நகரும் அல்லது நகர முயலும் கோடே அக்காந்தப்புலத்தில் விசைககோடு எனப்படும். இக்கோட்டிற்கு எந்த இடத்தில் ஒரு தொடுகோடு வரைந்தாலும் அது அந்த இடத்தில் காந்தப்புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

காந்த வடமுனையின் பாதையைக் குறிப்பதாலும் ஒத்த முனைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்குமாதலாலும் இவ்விசைக் கோடுகள் வடமுனைகளிலிருந்து புறப்பட்டு வெளிநோக்கிச் செல்லும் என்பதும், தென்முனைகளில் வந்து குவியும் என்பதும் எளிதில் புலனாகும். இந்தத் திசையில் ஒரு அம்புக்குறியிட்டுக் காண்பிப்பது வழக்கம். மேலும், ஒரு விசைக்கோட்டிற்கு ஓரிடத்தில் வரையும் தொடுகோடு அங்கே காந்தப்புலத்தின் திசையைக் குறிப்பதால், இரு விசைக்கோடுகள் ஒன்றை ஒன்று வெட்ட முடியாது. அவ்வாறன்றி ஒன்றையொன்று வெட்டும் எனக் கொண்டால், அவ்வெட்டுப் புள்ளியில் இரு கோடுகளுக்கும் இரு வேறு தொடுக்கோடுகள் வரையலாம். எனவே, அந்த இடத்தில் காந்தப்புலத்தின் திசைகள் இரண்டு. ஆனல், இது இருக்க முடியாது. எனவே, இரு விசைக்கோடுகள் ஒருக்காலும் ஒன்றை ஒன்று வெட்டா. நாம் வரையறுத்தபடி, ஒரு காந்தப்புலத்தில் எந்த ஒரு புள்ளியின்



(அ)



(ஆ)

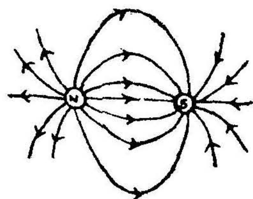
படம் 8·13

வழியாகவும் ஒரு விசைக்கோடு செல்லவேண்டுமாயினும், இவை புலச்செறிவு மிகுந்த இடங்களில் நிறைந்தும், செறிவு குறைந்த இடங்களில் குறைந்தும் காணப்பெறும்.

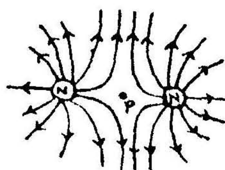
காந்தப்புலப் படம் (Map of magnetic field)

ஒரு காந்தப்புலத்தைப் பற்றிய உண்மைகளை அதன் விசைக்கோடுகளை வரைந்து காணலாம். இவ்வாறு ஒரு தளத்தில் விசைக்கோடுகளை வரைந்து கிடைக்கும் படம் காந்தப்புலப் படம் எனப்படும்.

ஒரு தனி காந்தத் தென்முனையின் (S) காந்தப்புலப் படம் படம் 8·13 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது போலிருக்கும். இதில் எல்லாத் திசைகளிலிருந்தும் விசைக்கோடுகள் காந்த முனையில் வந்து குவிகின்றன. இதுபோல் ஒரு தனிக் காந்த வடமுனை யிலிருந்து விசைக்கோடுகள் விரிந்து செல்லும் (படம் 8·13 அ).



(அ)



(ஆ)

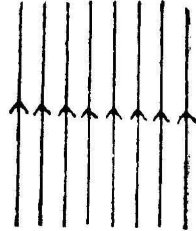
படம் 8·14

ஒரு வடமுனையின் அருகில் ஒரு தென்முனை உள்ளதின் காந்தப்புலம் படத்தை படம் 8·14(அ)வும் ஒரு வடமுனையின் அருகில் ஒரு வடமுனை உள்ளபோதுள்ள படத்தை படம் 8·14 (ஆ) வும் காட்டுகின்றன. இந்தப் பின்தைய படத்தில் இரு முனைகளுக்கும் இடையில் உள்ள P என்ற புள்ளியின் ஊடு எந்த விசைக்கோடும் செல்வதில்லை என்பதனைக் காணலாம். எனவே, இந்த இடத்தில் ஒரு வடமுனையின் புலத்தை மற்றொரு வடமுனையின் புலம் ஈடு செய்துவிடுகிறது. எனவே, Pல் தொகுபயனான புலன் சுழியாகும். இத்தகைய ஒரு புள்ளி நடுநிலைப் புள்ளி (Neutral Point or Null Point) எனப்படும்.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட காந்தப்புலங்கள் ஓரிடத்தில் சேர்ந்திருக் கும்போது அங்கு எந்தப் புள்ளிகளில் தொகுபயன் காந்தப்புலம் சுழியாக இருக்கிறதோ அப்புள்ளிகள் நடுநிலைப் புள்ளிகள் எனப்படும்.

எனவே, ஒரு நடுநிலைப் புள்ளியில் ஒரு காந்த ஊசியைத் தொங்கவிட்டால் அது எந்த நிலையில் வேண்டுமானாலும் நிற்கும்.

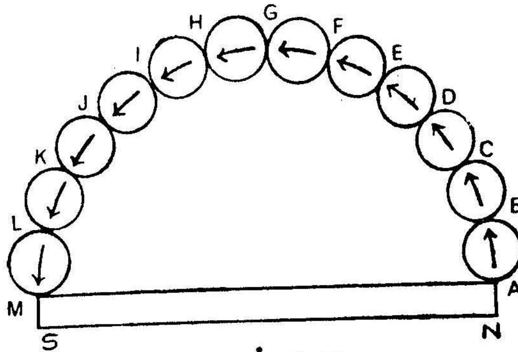
ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தில் எல்லா விசைக்கோடுகளும் ஒரே திசையில் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவிருக்கும் (படம் 8·15). எனவே, புவியின் காந்தப்புலப் படத்தைக் கிடைத்தளத்தில் வரைந்தால் அதுவும் படம் 7·15-ல் காட்டியவாறே இருக்கும். இதில் எந்த ஒரு கோடும் காந்த மைவரைவட்டத்தைக் குறிக்கும்.



படம் • 8·15

காந்தப்புலப் படத்தை வரைதல்

ஒரு காந்தப்புலத்தின் படத்தை வரைவதற்கு அதில் பல இடங்களிலும் செல்லும் விசைக்கோடுகளை வரையவேண்டும். இதற்கென ஒரு சிறிய திசைகாட்டும் ஊசியினைப் (Compass



படம் 8·16

needle) பயன்படுத்தலாம். இது ஒரு சிறிய காந்த ஊசியாகும். இது ஒரு உருளை வடிவான ஒரு பித்தளைப் பெட்டிக்குள் கட்டின்றி, ஒரு அச்சின்மீது சுழலும்படிப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இப்பெட்டியின்மேல், கீழ்ப்புறங்கள் கண்ணாடியில் ஆனவை.

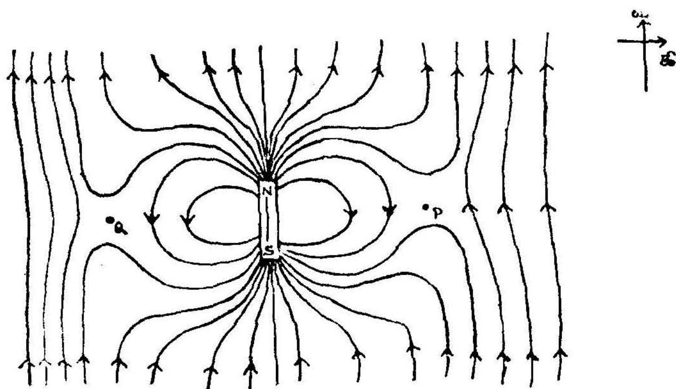
இப்போது, *NS* என்ற காந்தக்கட்டையின் வடமுனையின் அருகிலுள்ள *A* என்றப் புள்ளிலிருந்து ஒரு விசைக்கோடு வரையவேண்டுமென்று கொள்வோம். திசைகாட்டும் ஊசியின்

தென்முனை இப்புள்ளியில் இருக்குமாறு வைத்து அதன் வட முனைக்கு நேராக B என்ற புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பிறகு, திசைகாட்டும் ஊசியினை அதன் தென் முனை Bல் இருக்குமாறு எடுத்துவைத்து அதன் வடமுனைக்கு நேராக C என்ற புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறாகத் தொடர்ந்து குறித்துக்கொண்டே சென்றால் காந்தக்கட்டையின் தென்முனையை அடைவோம். இவ்வாறு நாம் வைத்த புள்ளிகளையெல்லாம் தொடர்ச்சியான ஒரு கோட்டினால் இணைத்தால் அதுவே A வழிச் செல்லும் விசைக் கோடாகும். இதேபோன்று வேறு விசைக்கோடுகளை வரையலாம்.

சோதனை 8·1

ஒரு காந்தக்கட்டை, பூமி ஆகியவற்றின் புலன்கள் சேர்ந்துள்ள தன் காந்தப்படத்தை வரைதல்.

(அ) காந்தக்கட்டையின் வடமுனை வடக்கு நோக்கி புவியின் காந்த மைவரை வட்டத்தினமீதுள்ளபோது:



படம் - 8·17

கிடையான ஒரு வரைபலகையின்மீது ஒரு காகிதத்தைப் பொருத்திவிட்டு அதனைச் சுற்றி எந்தக் காந்தமும், அயக் காந்தப் பொருள்களில் இல்லாமல் விலக்கிவிட்டு, காகிதத்தின் மையத்தில் புவியின் காந்தப்புலத்தைக் குறிக்கும் ஒரு விசைக் கோட்டினை முன்பு விவரித்ததுபோல் வரையவேண்டும். இது

ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும். இது புவியின் காந்த மைவரை வட்டத்தைக் குறிக்கிறது. காந்தக்கட்டையை அதன் வடமுனை வடக்கு நோக்கியும், அதன் காந்த அச்சு இந்தக் கோட்டின்மீது இருக்கும்படியும் வைக்கவேண்டும். பின்னர், காந்தக்கட்டையின் வடமுனையைச் சுற்றிலும் பல புள்ளிகளை எடுத்துக்கொண்டு ஒவ்வொன்றின் வழியாகவும் விசைக்கோடுகளை முன் விவரித்ததுபோல் வரைய வேண்டும். இவ்வாறு கிடைக்கும் படம், படம் 8·17ல் காட்டியதுபோல் இருக்கும். இதில், காந்தத்தின் நடுக்கோட்டின்மீது உள்ள இரு புள்ளிகளின்(P,Q) வழியே எந்த விசைக்கோடும் செல்லாதிருக்கக் காணலாம். இங்கே காந்த ஊசியை வைத்தால் அது நாம் விரும்பும் எந்தத் திசையிலும் நிற்கும். எனவே, இவை நடுநிலைப் புள்ளிகள் ஆகும். இப்புள்ளிகளில் காந்தக்கட்டையின் காந்தப்புலம் புவியின் காந்தப்புலத்திற்குச் சமமாகவும் எதிர்த்திசையிலும் இருக்கவேண்டும். ஏனெனில், காந்தத்தின் நடுக்கோட்டில் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் காந்தப்புலம் NSக்கு இணையான திசையில் இருக்கும். அதாவது, இங்கே வடக்கு தெற்காக இருக்கும். ஆனால், புவியின் காந்தப்புலம் தெற்கு வடக்கில் இருக்கும். எனவே, ஒன்றுக்கு ஒன்று எதிர்த்திசையில் உள்ளன. நடுக்கோட்டில் தூரத்திற்குச் செல்லச் செல்ல காந்தக் கட்டையின் புலம் குறைந்துகொண்டே செல்லும்; ஆனால் புவியின் புலம் மாறாது. எனவே, P அல்லது Q புள்ளியில் இரு புலங்களும் சமமாகவும் எதிரெதிர் ஆகவும் இருக்கும். இதனால் நடுநிலைப் புள்ளி உண்டாகிறது. இவற்றைத் தாண்டிச் சென்றால் புவியின் புலம் காந்தக் கட்டையினுடையதைவிட எதிராக இருக்கும்.

எனவே, P அல்லது Q வில்

காந்தக்கட்டையின் புலம் = புவியின் புலம்

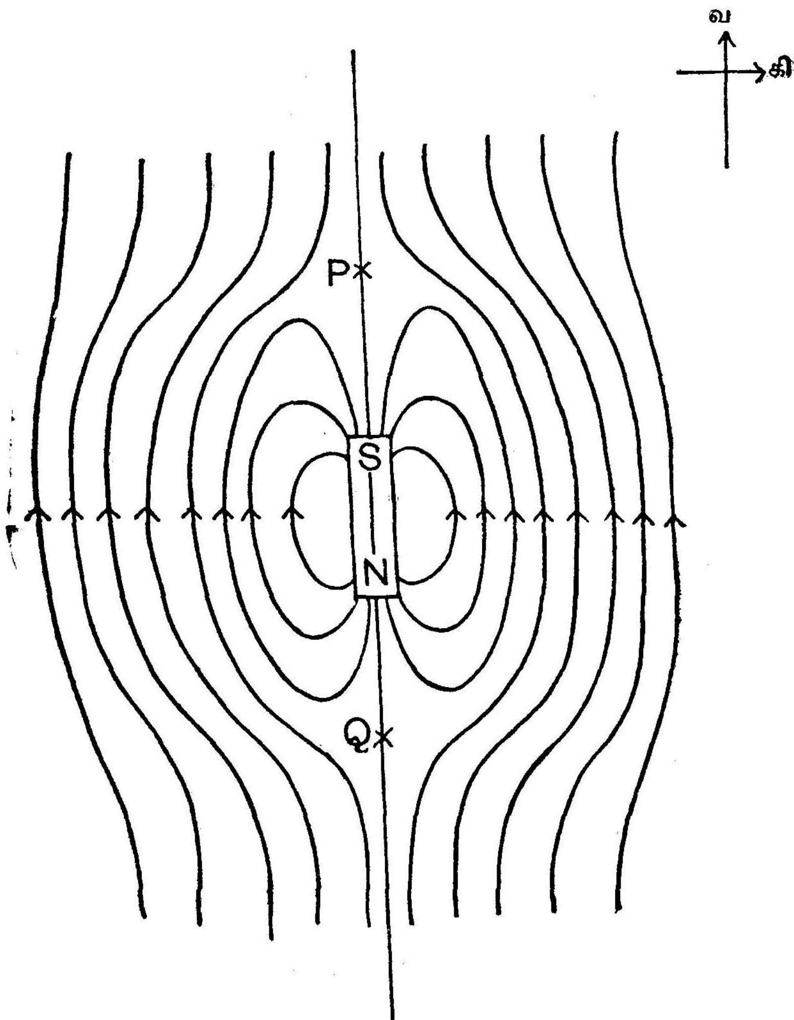
அல்லது,
$$\frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} = H$$

இங்கே d என்பது காந்தக்கட்டையின் மையத்திலிருந்து P அல்லது Q க்குள்ள தூரம் (OP அல்லது OQ), H என்பது புவியின் கிடைச்செறிவு, l என்பது காந்தக்கட்டையின் பாதி நீளம், M என்பது காந்தக்கட்டையின் சுழற்றுதிறன்.

எனவே, d, l ஆகியவற்றை அளந்து Mஐக் கணக்கிடலாம். இதற்கு H தெரிந்திருக்கவேண்டும்.

காந்தக்கட்டை சிறியதானால் $\frac{M}{d^3} = H$

(ஆ) காந்தக்கட்டையின் தென்முனை வடக்கு நோக்கி புவியின் காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீதுள்ளபோது:



படம் 8·18

மேலே விவரித்த அதே முறையில் இந்தப் படத்தையும் வரையவேண்டும். ஆனால், காந்தக்கட்டையானது புவியின்

மைவரை வட்டத்தின்மீது அதன் காந்தத் தென்முனை வடக்கு நோக்கி இருக்கும்படி வைக்கவேண்டும். இந்தக் காந்தப்படம், படம் 8·18-ல் காட்டியபடி இருக்கும். இங்கே, நடுநிலைப் புள்ளிகள் (P, Q) காந்தக்கட்டையின் அச்சின் மீதிருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

காந்தக்கட்டையின் புலன் அச்சின் மீதுள்ள புள்ளியில் வடமுனையிலிருந்து அப்பால் செல்லும் திசையிலும், தென் முனையை நோக்கிச் செல்லும் திசையிலும் அச்சின் வழியே இருக்கும். எனவே, காந்தக்கட்டையின் அச்சின்மீது எல்லாப் புள்ளிகளிலும் வடக்கிலிருந்து தெற்கு நோக்கியே இருக்கும். எனவே, இது புவியின் காந்தப்புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் உள்ளது. இப்புள்ளியின் தூரம் காந்தத்திலிருந்து அதிக மானால் புலம் குறைந்துகொண்டே சென்று P, Q புள்ளிகளில் புவியின் புலத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, PQக்களில் தொகு பயன் புலன் சுழி. எனவே, இப்புள்ளிகளில்,

காந்தக் கட்டையின் புலம் = புவியின்புலம்.

அல்லது, $$\frac{2\,Md}{(d^2-l^2)^2}=H.$$

P, Q ஆகியவற்றின் தூரங்களை காந்தத்தின் மையத்தி லிருந்து அளந்து அதன் சராசரி மதிப்பைக் (d) கொண்டு Mஐக் கணக்கிடலாம்.

காந்தக் கட்டை, சிறியதாக இருக்குமானால்,

$$\frac{2\,M}{d^3}=H.$$

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 8 செ. மீ. நீளமுள்ள ஒரு காந்தக்கட்டையானது காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது அதன் வடமுனை வடக்கு நோக்கி இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்போது இரு நடுநிலைப் புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 24 செ. மீ. ஆனால் காந்தக்கட்டையின் முனை வலுவைக் கணக்கிடு. (H=0·38 ஈர்ஸ்டெட்)

காந்தக்கட்டையின் வடமுனை வடக்கு நோக்கி உள்ளதால் நடுநிலைப் புள்ளிகள் அதன் நடுக்கோட்டின் மீதிருக்கும். எனவே,

$$\frac{M}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} = H.$$

இங்கே, $d = \frac{24}{2} = 12$ செ. மீ., $l = \frac{8}{2} = 4$ செ. மீ.

$H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட். எனவே,

$$\frac{M}{(12^2 + 4^2)^{\frac{3}{2}}} = 0{\cdot}38.$$

அல்லது, $M = 0{\cdot}38 \times (12^2 + 4^2)^{\frac{3}{2}}$

$= 0{\cdot}38 \times (160)^{\frac{3}{2}}$

$= 769{\cdot}1$ செ. கி. வி. அலகு.

எனவே, $m = \frac{M}{2l} = \frac{769{\cdot}1}{8} = 96{\cdot}14$ செ. கி. வி. அலகு.

(2) 10 செ. மீ. நீளமுடைய ஒரு காந்தக்கட்டை காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது அதன் வடமுனை தெற்கு நோக்கி இருக்கும்படி அமைக்கப்படும்போது நடுநிலைப் புள்ளிகள் காந்தக் கட்டையின் மையத்திலிருந்து 15 செ. மீ. தொலைவு களில் ஏற்படுகின்றன. காந்தக் கட்டையின் சுழற்று திறன் 500 செ. கி. வி. அலகு. ஆனால் புவியின் கிடைச்செறிவைக் கண்டுபிடி.

இங்கு நடுநிலைப் புள்ளிகள் காந்தக் கட்டையின் அச்சின் மீது உருவாகும். எனவே,

$$\frac{2\,Md}{(d^2 - l^2)^2} = H$$

இங்கே, $M = 500$ செ. கி. வி. அலகு, $d = 15$ செ.மீ.

$l = \frac{10}{2} = 5$ செ. மீ. எனவே,

$$\frac{2 \times 500 \times 15}{(15^2 - 5^2)^2} = H$$

அல்லது, $\frac{15000}{200 \times 200} = H$

அல்லது, $H = 0{\cdot}375$ ஈர்ஸ்டெட்.

(3) ஒரு காந்தக் கட்டையின் சுழற்றுதிறன் 1000 செ.கி.வி. அலகு. இதனை காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது அதன் வட முனை தெற்கு நோக்கி இருக்கும்படி அமைத்தால் நிடுநிலைப் புள்ளிகள் எங்கே இருக்கும் ? ($H = 0{\cdot}38$).

இங்கே காந்தக் கட்டையின் வடமுனை தெற்கு நோக்கி இருப்பதால் நடுநிலைப் புள்ளிகள் அதன் அச்சின் மீதிருக்கும். நடுநிலைப் புள்ளிகள் காந்தக் கட்டையின் மையத்திலிருந்து d செ. மீ. தூரத்தில் இருக்குமாஞல்,

$$\frac{2\,M}{d^3} = H.$$

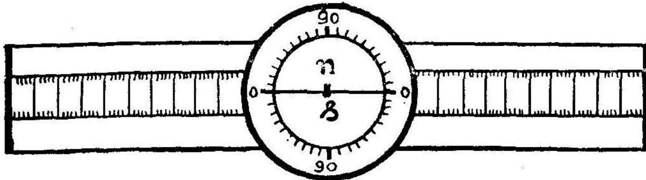
எனவே, $$\frac{2 \times 1000}{d^3} = 0{\cdot}38$$

அல்லது, $$d^3 \; \frac{2000}{0{\cdot}38}$$

அல்லது, $$d = 17{\cdot}4 \text{ செ. மீ.}$$

ஒதுக்கக் காந்தமானி (Deflection magnetometer)

காந்த அளவீடுகள் செய்வதற்குப் பயன்படும் ஒரு கருவி தான் ஒதுக்கக் காந்தமானி. இது ஒரு பெரிய திசை காட்டும் பெட்டியை உடையது. இத்திசை காட்டும் கருவியானது ஒரு வட்ட அளவுகோலின் மையத்தில் கிடைத்தளத்தில் சுழலு மாறு, அதாவது, ஒரு செங்குத்தான அச்சில் கட்டின்றிச் சுழலு மாறு அமைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய காந்த ஊசியினை உடையது.



படம் 8·19

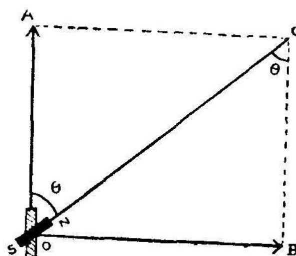
இந்த வட்ட அளவுகோலின் ஒவ்வொரு கால் வட்டமும் 0-லிருந்து 90°-வரை அளவுக்குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும். இதனுல் 0° — 0° குறிகள் ஒரு விட்டத்தின் எதிர் முனைகளிலும்

90° — 90° குறிகள் அதற்கு நேர்குத்தான விட்டத்தின் எதிர் முனைகளிலும் அமைந்திருக்கும். காந்த ஊசி மிகச் சிறியதான தால் அது சுழலும் கோணங்களைத் தெளிவாகவும், திருத்த மாகவும் அளப்பதற்காக வேண்டி அதற்குச் நேர்குத்தாக ஒரு ஒரு நீண்ட, இலேசான, மெல்லிய, அலுமினிய குறிமுள் ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அளவுகளை எடுக்கும்போது இடமாறு தோற்றப் பிழை ஏற்படாமல் இருப்பதற்காக வட்ட அளவு கோலின் கீழே ஒரு சமதள ஆடி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, செங்குத்தாக மேலிருந்து பார்க்கும்போது குறி முள்ளின் பிம்பம் மறையும் நிலையில் எடுக்கும் அள்வு இடமாறு தோற்றப் பிழையின்றி இருக்கும். இந்த அமைப்பு முழுமையும் கண்ணாடியால் மேற்புறம் மூடப்பட்ட ஒரு பித்தளைப் பெட்டிக் குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

இந்த திசைகாட்டும் பெட்டி ஒரு நீண்ட மரப் பலகையின் மையத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பெட்டியின் இரு பக்கங் களிலும் மரப் பலகையின்மீது இரு அளவுகோல்கள் பொருத் தப் பெற்றிருக்கும். இவற்றின் சுழிகள் திசை காட்டும் பெட்டி யின் மையத்தில், அதாவது, காந்த ஊசியைப் பொருத்தியுள்ள இடத்தில் இருக்கும். மரப் பலகையின் இரு பக்கங்களையும் காந்தமானியின் புயங்கள் எனக் கூறுவது வழக்கம்.

காந்தமானியின் கொள்கை

காந்தமானியினைக் கிடையாக வைத்தால் காந்த ஊசி யானது பூமியின் கிடைச்செறிவின் ஆளுகையினால் காந்த



படம் 8·20

மைவரை வட்டத்தில் நிலைக்கு வரும். இப்போது கிடைத் தளத்தில் உள்ள வேறொரு காந்தப்புலத்தை (F), பூமியின் கிடைச் செறிவிற்கு (H) நேர்குத்தான திசையில் செலுத்தினால்

காந்த ஊசி F-ஞல் சுழற்றப்பட்டு F-ன் திசைக்கு வர முயலும். ஆஞல் H-உம் உள்ளதால் இரு புலங்களின் தொகுபயஞன புலத்தின் திசையிலேயே இது நிலேக்கு வரும். இந்தத் திசை H-க்கு θ கோணம் சாய்ந்திருப்பதாகக் கொள்வோம்.

O என்பது காந்த ஊசியின் மையம் எனவும் OA, OB என்பவை H, F ஆகியவற்றையும் குறிப்பதாகக் கொள்வோம். $OACB$ என்ற இணேகரத்தை முழுமைப்படுத்த (இது ஒரு செவ்வகம்) OC என்ற மூலேவிட்டமே F, H ஆகியவற்றின் தொகுபயன் என்பது இணேகர விதியிலிருந்து தெரியும்.

எனவே, $$\frac{AC}{AO} = tan\ \theta$$

அல்லது, $$\frac{OB}{OA} = tan\ \theta$$

அல்லது, $$\frac{F}{H} = tan\ \theta$$

அல்லது, $$F = H\ tan\ \theta$$

இந்த முடிவு இடுக்கை விதி (tangent law) எனப்படும்.

ஒதுக்கக் காந்தமானியில் காந்த மைவரை வட்டத்திற்குச் செங்கோணத்தில் உள்ள F புலம் கீழ்க்கண்ட இருமுறைகளில் தோற்றுவிக்கப்படும்.

(i) காந்த ஊசியின் மையத்தே, காந்த மைவரை வட்டத்திற்குச் செங்கோணத்தில் செல்லும் நேர்கோட்டில் அச்சு இருக்குமாறு ஒரு காந்தக் கட்டையினை காந்த ஊசிக்குக் கிழக்கிலோ அல்லது மேற்கிலோ வைக்கலாம் (படம் 8·22). இதஞல் காந்தக் கட்டையின் புலம் காந்த ஊசி இருக்கும் இடத்தில் கிடைச் செறிவிற்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும். இதஞல் காந்த ஊசி θ கோணம் ஒதுக்கம் (deflection) அடைந்தால்,

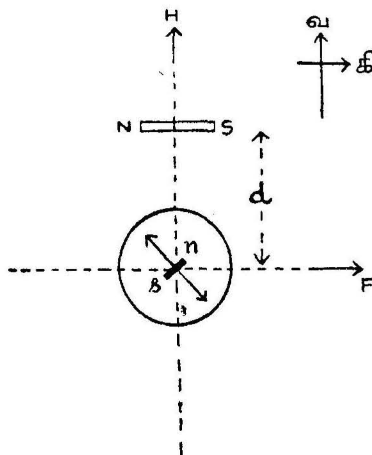
$$F = \frac{2\ Md}{(d^2 - l^2)^2} = H\ tan\ \theta$$

இங்கே, M என்பது காந்தக் கட்டையின் சுழற்று திறன். l அதன் நீளத்தில் பாதி, d என்பது காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து காந்தக் கட்டையின் மையத்திற்கு உள்ள தூரம்,

காந்தக் கட்டை சிறிதெனக் கொள்ளக் கூடுமானல்

$$F = \frac{2M}{d^3} H \tan \theta$$

இந்தமாதிரி அமைப்பதற்கு காந்தமானியின் முனை நிலை அமைப்பு (end on position) அல்லது tan A அமைப்பு எனப்படும்.



படம் 8·21

(ii) காந்த ஊசியின் மையத்தின் வழிச் செல்லும் காந்த மைவரை வட்டக் கோட்டின்மீது காந்த ஊசிக்கு வடக்கிலோ அல்லது தெற்கிலோ காந்தக் கட்டையின் அச்சு மைவரை வட்டக் கோட்டிற்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும்படி வைக்கலாம். (படம் 8·21) இப்போது, ஊசியின் ஒதுக்கம் θ ஆனல் வழக்கமான குறியீடுகள்படி

$$\frac{M}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} = H \tan \theta$$

காந்தக் கட்டை சிறியதானல்,

$$F = \frac{M}{d^3} = \tan \theta$$

இந்தமாதிரி அமைப்பதற்குப் பக்க நிலை அமைப்பு (Broad side-on position) அல்லது tan B அமைப்பு எனப்படும்.

சோதனை 7·2

குட்டையான இரு காந்தக் கட்டைகளின் சுழற்று திறன்களை ஒதுக்கக் காந்தமானியை முனைநிலை அமைப்பில் பயன்படுத்தி ஒப்பிடுதல்.

(அ) சமதூர முறை (Equal distance method)

வ
கி
H
F S N
(அ)
F N S
(ஆ)
S N F
(இ)
N S F
(ஈ)

படம் 8·22

முதலில் காந்தமானியை முனைநிலை அமைப்பில் இருக்கும் படிச் செய்ய வேண்டும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு செய்ய

லாம் காந்தமானியை ஒரு மேசையின்மீது கிடையாக வைத்து அதைச் சுற்றிலும் எங்கும் காந்தங்களோ அல்லது அயக் காந்தப் பொருள்களோ இல்லாமல் பார்த்துக் கொண்டு, காந்த மானியினைத் திருப்பி அதன் புயங்கள் அலுமினியக் குறிமுள் ளிற்குச் சற்றும் வழுவின்றி இணையாக இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். பின்னர், இந்த நிலையைக் குலைத்துவிடாமல், திசை காட்டும் பெட்டியை மட்டிலும் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள் $0° — 0°$ காட்டும்படிச் செய்ய வேண்டும். இப்போது, முதல் காந்தக் கட்டையை எடுத்து வந்து காந்தமானியின் கிழக்கு புயத்தில், காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து அதன் மையம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (d) இருக்கும்படியும், அதன் அச்சுக் கோடு காந்த ஊசியின் மையத்தின் வழியே செல்லும்படியும் வைக்க வேண்டும். (படம் 8·22 அ) இங்கே, காந்தக் கட்டை யின் வடமுனை காந்த ஊசிக்குத் தொலைவில் உள்ளது. இப் போது, காந்த ஊசி ஒதுக்கமடைந்து நிலைக்கு வந்தவுடன் அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இரு முனைகள் காட்டும் கோண அளவுகளையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர், காந்தக் கட்டையை அதே இடத்தில் முனைக்கு முனை மாற்றி வைத்து [படம் 8·22 (ஆ)] மீண்டும் குறிமுள்ளின் இரு முனைகள் காட்டும் கோணங்களைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர், காந்தக் கட்டையை மேற்கு புயத்தில் இதேபோல் வைத்து இரு நிலைகளிலும் [படங்கள் 8·22 (இ), (ஈ)] கிடைக்கும் நான்கு கோண அளவுகளையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இவற்றின் சராசரி மதிப்பு (θ_1)ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

இதே சோதனையை இரண்டாவது காந்தக் கட்டையினை அதே தூரத்தில் (d) வைத்துச் செய்து சராசரி ஒதுக்கம் (θ_2)ஐக் காண வேண்டும். இப்போது, M_1, M_2 என்பவை முதல், இரண்டாவது காந்தக் கட்டைகளின் சுழற்று திறன்களானால், அவை சிறியனவாகையால், $F = H \tan \theta$ என்ற வாய்பாட் டைப்பயன் படுத்த,

$$\frac{2M_1}{d^3} = H \tan \theta_1,$$

$$\frac{2M_2}{d^3} = H \tan \theta_2$$

ஒன்றை மற்றொன்றால் வகுக்க,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2}$$

தூரம் d	முதல் காந்தத்திற்கு ஒதுக்கம்								சராசரி θ_1	2-வது காந்தத்திற்கு ஒதுக்கம்								சராசரி θ_2	$\frac{M_1}{M_2}$
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8		

சராசரி

காந்தக் கட்டையின் தூரத்தை (d) மாற்றி அமைத்து சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து, முன் பக்கத்தில் அட்டவணைப்படுத்தி $\frac{M_1}{M_2}$ன் சராசரி மதிப்பைக் காணலாம்.

குறிப்பு :— சிறந்த முடிவுகளைப் பெறுவதற்கு θன் மதிப்பு 30°-க்கும் 60°-க்கும் இடையே இருக்கும்படி வைத்துச்சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

(ஆ) நடுநிலை முறை (Null method)

முன்போல், காந்தமானியை முனைநிலை அமைப்பிற்குக் கொணர்ந்த பின் ஒரு காந்தக் கட்டையை முன்போல் கிழக்குப் புயத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (d_1) வைக்க காந்த ஊசி ஒதுக்கமடையும். இப்போது இரண்டாவது காந்தக் கட்டையை மேற்குப் புயத்தில் வைத்து அதன் நிலையைச் சரி செய்து இந்த ஒதுக்கம் சுழியாகும்படிச் செய்ய வேண்டும். இதற்கு, இரு காந்தக் கட்டைகளின் வடமுனைகளும் அல்லது தென்முனைகளும் காந்த ஊசியை நோக்கி இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் ஒன்றின் புலத்தை மற்றதின் புலம் எதிர்த்தழிக்க, காந்த ஊசி புவியின் கிடைச் செறிவின் திசையிலேயே ஒதுக்கமடையாமல் இருக்கும். இப்போது, இரண்டாவது காந்தக் கட்டையின் தூரத்தைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர், இரு காந்தக் கட்டைகளையும் முனைக்கு முனை மாற்றி, முதல் கட்டையை அதே தூரத்தில் வைத்துக்கொண்டு தேவைப்பட்டால், இரண்டாவதின் தூரத்தை மாற்றி மீண்டும் காந்த ஊசியை சுழி நிலைக்குக் கொணர வேண்டும். இப்போதும் இரண்டாவது கட்டையின் தூரத்தைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர், காந்தக் கட்டைகளை புயங்களில் மாற்றி முன்போல் இரு நிலைகளிலும் முதல் காந்தக்கட்டையை அதே தூரத்தில் வைத்து (d_1) இரண்டாவதின் தூரத்தை மாற்றி காந்த ஊசி சுழி நிலையில் இருக்கும்படிச் செய்து தூரங்களை அளந்து கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறாகக் கிடைக்கும் இரண்டாவது கட்டையின் நான்கு தூரங்களின் சராசரியை (d_2) கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். இந்த நடுநிலை அமைப்பில்,

$$F_1 = F_2 \quad \text{ஆனதால்}$$

$$\frac{2\,M_1}{d^3_1} = \frac{2\,M_2}{d^3} \quad \text{அல்லது,} \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1^{\,3}}{d_2^{\,3}}$$

முதல் காந்தத்தின் தாரம்—d_1	இரண்டாவது காந்தத்தின் தாரம்					$\frac{M_1}{M_2}$
	1	2	3	4	சராசரி	
					சராசரி	

முதல் காந்தக் கட்டையின் வெவ்வேறு தூரங்களுக்கு (d_1) சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து, முன்பக்கத்திலுள்ள வாறு அட்டவணைப்படுத்தி $\frac{M_1}{M_2}$ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு திசை காட்டும் காந்த ஊசியின் மேற்கே 50 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு சிறு காந்தக் கட்டையை வைக்க, காந்த ஊசி 45° ஒதுக்கம் அடைகிறது. $H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட். ஆனால் காந்தக் கட்டையின் சுழற்று திறனைக் கணக்கிடு.

இது முனை நிலை அமைப்பானதால்,

$$F = \frac{2M}{d^3} H \tan \theta.$$

இங்கே $d = 50$ செ.மீ., $\theta = 45°$, $H = 0{\cdot}38$.

எனவே, $\frac{2M}{50^3} = 0{\cdot}38 \tan 45$

அல்லது, $\frac{2M}{50^3} = 0{\cdot}38 \times 1$

அல்லது, $M = \frac{0{\cdot}38 \times 50^3}{2}$

அல்லது, $M = 23750$ செ.கி.வி. அலகு.

(2) *Tan A* அமைப்பிலுள்ள ஒரு ஒதுக்கக் காந்தமானியின் இரு புயங்களிலும் இரு சிறு காந்தக் கட்டைகள் முறையே 8 செ.மீ., 10 செ.மீ. தூரங்களில் உள்ளபோது காந்த ஊசி சுழி நிலையைக் காட்டினால் அவ்விரு காந்தக் கட்டைகளின் சுழற்று திறன்களை ஒப்பிடு.

Tan A அமைப்பில்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1^3}{d_2^3}.$$

எனவே, $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{8^3}{10^3} = \frac{512}{1000} = 0{\cdot}512$$

வினாக்கள்

1. காந்த முனை, காந்த அச்சு, காந்தத்தின் நீளம் ஆகிய வற்றை வரையறு.

   காந்தத் தூண்டுதல் என்பதனை விளக்கு.

2. ஒரு நிலைக் காந்தத்தைத் தயாரிக்க என்ன பொருளைப் பயன்படுத்துவாய்? என்ன முறையைக் கையாளு வாய்? இதனைச் செய்தபின் இது காந்தத் தன்மையை இழந்துவிடாமல் இருக்க என்ன முன்னெச்சரிக்கை யினைக் கையாளுவாய்?

3. தேனிரும்பும், எஃகும் காந்தப் பண்புகளால் எவ்வாறு வேறுபட்டவை?

   மின் காந்தம் என்றால் என்ன?

4. காந்த முனைகளுக்கிடையேயுள்ள விசைக்கான இருபடி எதிர்விகித விதியினைக் கூறு. இதிலிருந்து காந்த முனை யின் வலுவிற்கான ஒரு அலகினை எவ்வாறு பெறுவாய்?

   15 செ. கி. அ. 20 செ. கி. அ. வலுவுடைய இரு காந்தத் தென்முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள விசை யினை அவற்றிற்கு இடையே 3 செ.மீ. தூரம் இருக்கும் போதுக் கணக்கிடு.

5. காந்த முனைவலு என்பதனை வரையறு.

   இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 10 செ. மீ. அப்போது அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள விசை 100 டைன் ஆனால், தூரம் 15 செ.மீ. ஆக இருக் கும்போது இவ்விசை எவ்வளவு?

6. 20 செ. கி. வி. அலகு வலுவுடைய ஒரு காந்தமுனை 40 செ. கி. வி. அலகு வலுவுடைய மற்றொரு காந்த முனையை 8 டைன் விசையோடு எதிர்த்துத் தள்ளினால் அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தூரம் என்ன?

7. காந்தப்புலம், காந்தப்புலச் செறிவு, விசைக் கோடு ஆகியவற்றை வரையறு.

30 செ.கி.வி. அலகுடைய ஒரு காந்தத் தென்முனை 0·38 ஈர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தில் என்ன விசைக்கு ஆளாகும்? இதன் திசை என்ன?

8. ஒரு சீரானக் காந்தப்புலத்தில் ஒரு காந்தக் கட்டையின்மீது தொழிற்படும் விசைப்பிணையைக் கணக்கிடு. இதிலிருந்து காந்தக் கட்டையின் சுழற்று திறனை வரையறு.

20 செ.மீ. நீளமுடைய ஒரு மெல்லிய காந்தம் 0·3 ஈர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தில், புலத்திற்கு 60° சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தத்தின் முனைவலு 50 ஆனால் அதன்மீதுத் தொழிற்படும் விசைப்பிணை யாது?

9. ஒரு காந்தக் கட்டையினை 1·38 ஈர்ஸ்டெட் வலுவுள்ள ஒரு சீரானக் காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அதன் ஒவ்வொரு முனையின் மீதும் 5·7 டைன் விசை தொழில் படுகிறது. முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 32 செ.மீ. ஆனால் காந்தத்தின் சுழற்று திறனைக் கணக்கிடு.

10. ஒரு காந்தக் கட்டையின் (அ) அச்சுக் கோட்டின் (ஆ) நடுக்கோட்டின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலத்திற்கான வாய்பாடுகளை வருவி.

10 செ.மீ. நீளமும். 100 செ.கி.வி. அலகு முனைவலுவும் உடைய ஒரு காந்தக் கட்டையின் மையத்திலிருந்து 25 செ.மீ. தூரத்தில் (அ) அதன் அச்சின்மீது (ஆ) அதன் நடுக்கோட்டின் மீது உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம் என்ன?

11. 125 செ. கி. வி. அலகு, 512 செ.கி.வி. அலகு சுழற்று திறன்களை உடைய இரு சிறு காந்தக் கட்டைகள் அவற்றின் அச்சுகள் ஒரே நேர்கோட்டின் மீது இருக்கும்படியும், அவற்றின் வடமுனைகள் ஒன்றை ஒன்று நோக்கியும் இருக்கும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு காந்தக் கட்டைகளுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் 26 செ மீ. ஆனால், அவற்றின் மையங்களை இணைக்கும் கோட்டில் எங்கே ஒரு நடுநிலைப் புள்ளி கிட்டும்?

12. முறையே 2, 3 செ.மீ. நீளங்களும், 30, 15 செ.கி.வி. அலகு முனை வலுக்களும் உடைய இரு சிறு காந்தக் கட்டைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவும், அவற்றின் மையங்களை இணைக்கும் கோடு அச்சுகளுக்குச் செங்குத்தாகவும், மையங்கள் 60 செ.மீ. தூரத்திலும் இருக்கும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் மையங்களை இணைக்கும் கோட்டின் நடுப்புள்ளியில் காந்தப் புலம் என்ன?

13. புவியின் காந்தப் புலத்தின் கூறுகளை விளக்கு.

14. ஒரு காந்தக் கட்டை அதன் (அ) தென்முனை வடக்கு நோக்கி (ஆ) வடமுனை வடக்கு நோக்கி புவியின் காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது வைக்கப்படும் போதுள்ள காந்தப் புலத்தின் படங்களை எவ்வாறு வரைவாய்? அவற்றில் நடுநிலைப் புள்ளிகள் உண்டாவதனை விளக்கு. அவற்றைக் கொண்டு காந்தக் கட்டையின் முனைவலுவை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்?

15. ஒரு சிறு காந்தக் கட்டை காந்த மைவரை வட்டத்தின் மீது அதன் (அ) வடமுனை (ஆ) தென்முனை வடக்கு நோக்கி இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. நடுநிலைப் புள்ளிகள் காந்தக் கட்டையின் மையத்திலிருந்து 20 செ.மீ. தூரத்தில் ஏற்பட்டால் அதன் சுழற்று திறனைக் கணக்கிடு. $H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட்.

16. ஒரு காந்தக் கட்டையின் முனைவலு 25, சுழற்றுதிறன் 250. இதனைக் காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது வடமுனை தெற்கு நோக்கி இருக்கும்படி அமைத்தால் நடுநிலைப் புள்ளிகள் எங்கே உருவாகும்? ($H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட்).

17. 400 செ.கி.வி, அலகு சுழற்று திறனுடைய ஒரு சிறு காந்தக் கட்டையைக் காந்த மைவரை வட்டத்தின்மீது வடமுனை வடக்கு நோக்கி இருக்கும்படி வைக்க, நடுநிலைப் புள்ளிகள் ஒன்றுக்கொன்று 20 செ.மீ. தூரத்தில் உருவாகின்றன. புவியின் கிடைச் செறிவைக் கணக்கிடு.

18. இடுக்கை விதியினைக் (Tangent law) கூறி வருவி.

ஒரு காந்த ஊசிக்கு முனைநிலை அமைப்பில் 20 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு சிறு காந்தக் கட்டையை சுழற்று திறனைக் கணக்கிடு. $H = 0{\cdot}4$

19. ஒதுக்கக் காந்தமானியை விவரி. இது வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விளக்கு. இதனைக் கொண்டு இரு காந்தக் கட்டைகளின் சுழற்று திறன்களை எவ்வாறு ஒப்பிடுவாய்?

20. ஒதுக்கக் காந்தமானி முனைநிலை அமைப்பில் உள்ள போது, ஒரே தூரத்தில் இரு சிறு காந்தச் கட்டைகளை ஒன்றிற்குப்பின் ஒன்றாக வைக்க அவை முறையே 50°, 60° ஒதுக்கங்களை உண்டாக்கினால் அக்காந்தக் கட்டைகளின் சுழற்று திறன்களை ஒப்பிடு.

9. மின்சாரம்

(Electricity)

நிலைமின்சாரம்

மின்சாரத்தைப் பற்றி கி. மு. 600-ஆம் ஆண்டிலேயே மக்கள் அறிந்திருந்தனர். ஒரு அம்பர் (Amber) கட்டையை பட்டுத்துணியால் தேய்க்க அது சிறு காகிதத்துண்டுகளை, தூசி போன்றவற்றை ஈர்க்கின்றது என்பதனை அக்காலத்திலேயே மக்கள் கண்டனர். அதேபோல் எபொனைட்டுக் (ebonite) கோலை மென்மயிரினால் (fur) தேய்த்தாலும், கண்ணாடிக் கோலினை பட்டுத்துணியால் தேய்த்தாலும் வேறு பலபொருட்களையும் தகுந்த பொருளால் தேய்க்க இந்தப் பண்பினைப் பெறும். இவ்வாறு பொருள்கள் உராய்தலினால் இப்பண்பைப் பெறும்போது, அவை மின்சார ஏற்றம் பெறுகின்றன எனச் சொல்வது வழக்கம். இவ்வாறு ஒரு பொருள் மின்னேற்றம் பெறும்போது அம்மின்னேற்றங்கள் இடம் விட்டு இடம் நகர்வதில்லையாதலால் இவை நிலைமின்சாரம் எனப்படும்.

இருவகை மின்சாரம்

இரு கண்ணாடிக் கட்டைகளைத் தனித்தனியே பட்டுத் துணியால் தேய்த்து ஒன்றன் பக்கத்தில் ஒன்றாகத் தொங்க விட்டால் அவை ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத் தள்ளக் காண லாம். அதேபோல் மென்மயிரினால் தேய்த்த இரு எபொனைட்டுக் கோல்களும் ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கும். ஆனால், பட்டுத்துணியால் தேய்த்த ஒரு கண்ணாடிக் கோலின் அருகில் மென்மயிரினால் தேய்த்த ஒரு எபொனைட்டுக் கோலினைக் கொணர அவை ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கக் காணலாம். எனவே,

இருவகை மின்சாரங்கள் உள்ளன என்பதும், ஒரே வகை மின் சாரங்கள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கும் (ஒத்த காந்தமுனைகளைப் போல) என்பதும், எதிரெதிர் வகை மின்சாரங்கள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் (எதிர் காந்த முனைகள்போல்) என்பதும் புலனாகிறது. இவற்றுள், பட்டுத் துணியால் தேய்த்தக் கண்ணாடிக் கட்டையின்மீதுள்ள நேர் மின்சாரம் (positive electricity), மென்மயிரினால் தேய்த்த எபொனைட்டுக் கோலில் உள்ள மின்சாரம் எதிர்மின்சாரம் (Negative electricity) எனவும் வழங்குவது மரபு.

உராய்வினால் மின்சாரம் தோன்றுவது ஏன்?

பொருள்கள் யாவும் அணுக்களால் ஆனவை என்பதனை நாமறிவோம். இந்த அணுக்களின் கட்டமைப்பும் யாவரும் அறிந்ததே. எந்த ஒரு அணுவும் நடுவில் ஒரு அணுக்கருவை (Nucleus) உடையது. இதன் நேர் மின்னேற்றம் (Positive charge) உடைய புரோட்டான்கள் எனும் துகள்களும் மின் னேற்றமே இல்லாத நியூட்ரான்கள் (Neutrons) எனும் துகள் களும் உள்ளன. இவை இரண்டும் எடை உடையவை. இந்தக் கருவியைச் சுற்றி, கதிரவனைக் கோள்கள் வலம் வருவது போல, எலெக்ட்ரான்கள் (Electrons) இடையறாது சுற்றிச் சுற்றி வருகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மிகவும் எடை குறைந்தவை, எதிர் மின்னேற்றம், (Negative charge) உடை யவை. ஒரு எலெக்ட்ரானிலுள்ள எதிர் மின்னேற்றம் ஒரு புரோட்டானிலுள்ள நேர் மின்னேற்றத்திற்குச் சமம். மேலும் எந்த ஒரு சாதாரண அணுவிலும் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை, அதிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக் கைக்குச் சமமாக இருக்கும். எனவேதான் சாதாரணமாக அணுக்கள் மின்நடுநிலையில் (Electrically Neutral) உள்ளன. இப் போது ஒரு அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களில் ஒன்றைப் பிய்த்துவிட்டோமானால் அதில் புரோட்டான்களின் எண் ணிக்கை எலெக்ரான்களைவிட அதிகமாகிவிடுவதால் அந்த அணு நேர் மின்சாரம் உடையதாகி விடுகிறது. அதேபோல் ஒரு நடுநிலை அணுவுடன் ஒரு எலெக்ட்ரான் சேர அது எதிர் மின்னேற்றம் உடையதாகிவிடுகிறது.

ஒரு கண்ணாடிக் கோலை பட்டுத் துணியால் தேய்க்க கண்ணாடி அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறு வதால் அது நேர்மின்னேற்றம் அடைகிறது. அப்படியானால், திலிருந்து வெளிவந்த எலெக்ட்ரான்கள் எங்கே போகும்?

அவை பட்டுத் துணியோடு சேர்ந்து அதனை எதிர் மின்னேற்றம் உடையதாக ஆக்கும். இதனைச் சோதித்துப் பார்த்துக்கொள்ளலாம். இதுபோல்தான் மற்ற பொருள்களிலும்.

கடத்திகளும் கடத்தாப் பொருள்களும்

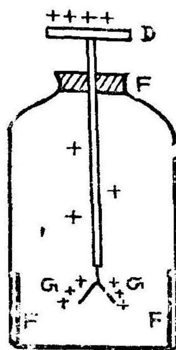
ஒரு எபொனைட்டுக் கோலினை கையில் பிடித்துக்கொண்டு அதனை மென்மயிரினால் தேய்க்க அது மின்னேற்றம் அடைகிறது. ஆனால், ஒரு பித்தளைக் கோலினை கையில் பிடித்துக்கொண்டு மென்மயிரினால் தேய்க்க அது மின்னேற்றம் அடைவதாகத் தெரிவதில்லை. ஆனால்,அதற்குக் கண்ணாடியால் ஒரு கைப்பிடி அமைத்து அதனைப் பிடித்துக்கொண்டு தேய்த்து பித்தளை மின்னேற்றம் அடையக் காணலாம். இப்போது மின்னேற்றம் அடைந்த பித்தளைக் கோலைத் தொட்டால் உடனே அது தன் மின்னேற்றத்தை இழந்துவிடும். இதனைப் பின் கண்டவாறு விளக்கலாம்.

எபொனைட்டுக் கோலில் எதிர்மின்சாரம் உள்ளபோது அதனைத் தொட்டால் தரையிலிருந்து உடல் வழியே மின்சாரம் பாய்ந்து, நாம் எந்த இடத்தில் தொட்டுள்ளோமோ அங்குள்ள மின்சாரத்தைச் சமநிலைப்படுத்தி, அங்கே உள்ள மின்சாரத்தை இழக்கும்படிச் செய்கிறது. ஆனால், எபொனைட்டின் மற்றப் பகுதிகளிலிருந்து அந்த இடத்திற்கு மின்சாரம் பாய்வதில்லை. அதனால் மற்றப் பகுதிகளில் மின்சாரப் அப்படியே உள்ளது. பித்தளைக் கோலில் அவ்வாறில்லாமல் மற்ற பகுதிகளிலிருந்து மின்சாரம் நாம் தொடும் பகுதிக்குப் பாய்ந்து அங்கிருந்துத் தரைக்குச் சென்றுவிடுகிறது. எனவேதான் பித்தளைக் கோலை கையில் பிடித்துக்கொண்டு எவ்வளவு தேய்த்தாலும் அது மின்னேற்றம் அடைவதில்லை. கண்ணாடிப்பூண் போட்டால் மின்னேற்றம் அடைகிறது. எனவே, சில பொருட்களில் ஒரு பகுதியில் மின்சாரம் கொடுக்கப்பட்டால் அது மற்றப் பகுதிகளுக்கும் பாயும் என்பதும், சில பொருட்களில் பாயாது அங்கேயே இருக்கும் என்பதும் தெரிகிறது. எனவே, இந்த அடிப்படையில் பொருள்கள் கடத்திகள் (Conductors) கடத்தாப் பொருள்கள் அல்லது காப்பிடும் பொருள்கள் (Insulators) என இரு வகையாகப் பிரிகின்றன. ஒரு பொருளின் ஊடு மின்சாரம் பாயுமானால் அது கடத்தி எனவும், மின் பாய அது அனுமதிக்காதெனில் கடத்தாப் பொருள் எனவும் அழைக்கப் பெறும். எல்லா உலோகங்களும், கலப்பு உலோகங்களும்

(alloys), மின்பகுபொருள்களும் (electrolytes), மனித உடலும் கடத்திகளுக்குச் சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். கண்ணாடி, எபொனைட்டு, ரப்பர், பாரஃபின் மெழுகு, மைக்கா, கந்தகம் போன்றவை கடத்தாப் பொருள்களாகும்.

தங்க இலை மின்காட்டி (Gold leaf electroscope)

மின்னேற்றங்களைக் கண்டுகொள்வதற்காகப் பயன்படும் கருவிகள் மின்காட்டிகள் (electroscopes) எனப்படும். அவற்றுள் ஒன்றுதான் தங்க இலை மின்காட்டி. இது ஒரு கண்ணாடிக் குப்பியினை உடையது. இது ஒரு எபொனைட்டு மூடியினால் (E) மூடப்பட்டிருக்கும். இந்த மூடியிலுள்ள துளையின் ஊடு ஒரு பித்தளைக்கோல் R செருகப்பட்டிருக்கும். இதன் ஒரு முனையில் (குப்பிக்குள் உள்ள முனையில்) இரு மெல்லிய தங்க இலைகள் (GG) உள்ளன. மேல் முனையானது ஒரு வட்டமான பித்தளைத் தகட்டுடன் (D) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடியின் உட்புறம் மெல்லிய தகரத் தகடுகள் (F,F) உள்ளன. இவற்றைத் தரையிடுவது விரும்பத்தக்கது.



படம் 9.1

மின்காட்டியின் பித்தளைத் தகட்டினை நேர் மின்னேற்றம் உடைய ஒரு உலோகக் கோலினால் தொட்டால், அக்கோலிலுள்ள நேர் மின்னேற்றங்கள் பித்தளைக் கோலின் வழியே தங்க இலைகளுக்கும் பாயும். இதனால் தங்க இலைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத்தள்ள அவை விரியும். இப்போது கோலினை நீக்கிவிட்டாலும் இலைகளிலுள்ள மின்னேற்றங்கள் அப்படியே உள்ளதால் அவை விரிந்த நிலையிலேயே இருக்கும். இப்போது தங்க இலை மின் காட்டி நேர் மின்னேற்றம் பெற்றுள்ளதாகச் சொல்லப்படும். இதேபோன்று மின்காட்டியினை எதிர் மின்னேற்றம் உடைய ஒரு உலோகக் கோலைக்கொண்டு எதிர் மின்னேற்றம் பெறச் செய்யலாம்.

இவ்வாறு நேர் மின்னேற்றம் உடைய ஒரு தங்க இலை மின்காட்டியின் பித்தளைத் தகட்டின் அருகில் வேறொரு பொருளைக் கொணர்ந்தால், அது நேர்மின்னேற்றம் உடையதாக இருந்தால் தங்க இலைகளின் விரிவு அதிகமாகும். எதிர் மின்னேற்றம் உடையதாயிருந்தால் விரிவு குறையும். மின்னேற்றமே

இல்லாததாயிருந்தால் விரிவில் மாறுதல் ஏற்படாது. எனவே, இதைக்கொண்டு மின்னேற்றங்களைச் சோதித்து அறியலாம். எதிர் மின்னேற்றங்களைக் கண்டுகொள்வதற்கு எதிர் மின்னேற்றமுடைய மின்காட்டியைப் பயன்படுத்துவதே வழக்கம். இதில் விரிவு அதிகமாகும். விரிவு அதிகமாவதே ஐயத்திற்கு இடமின்றி மின்னேற்றங்களைக் காட்டிக் கொடுக்கும்.

மின்னேற்றங்களுக்கிடையே விசை

ஒத்த மின்னேற்றங்கள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத்தள்ளும் எனவும், எதிர் மின்னேற்றங்கள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் எனவும் கண்டோம. இவ்வாறு நிகழும்போது அவற்றிற்கிடையே ஒரு விசை உள்ளது. இந்த விசை அந்த மின்னேற்றங்களின் வலுக்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்விகிதத்திலும், அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும். இம்முடிவின் பிந்தைய பகுதி இருபடி எதிர்விகித விதி எனப்படும்.

எனவே, Q_1, Q_2 என்ற இரு மின்னேற்றங்கள் ஒன்றுக்கொன்று d தூரத்தில் இருக்குமானால் இந்த விதிப்படி, அவற்றிற்கிடையேயுள்ள விசை,

$$F \propto Q_1 + Q_2$$

$$\propto \frac{1}{d^2}$$

எனவே, $$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

அல்லது, $$F \propto \frac{1}{K} \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

இங்கே K ஒரு மாறிலி ஆகும். மின்னேற்றத்தின் அலகினை ஏற்ற முறையில் வரையறுப்பதன் வாயிலாக இதன் மதிப்பை ஒன்றுக்குச் சமமாக்கலாம்.

ஒரு மின்னேற்றமானது அதிலிருந்த ஒரு சென்டி மீட்டர் தூரத்தில் வெற்றிடத்தில் அல்லது காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள, அதனை முற்றிலும் ஒத்த பிறிதொரு மின்னேற்றத்தை ஒரு டைன் விசையுடன் எதிர்த்துத் தள்ளுமானால் அதன் மின்னேற்றம் ஒரு நிலை மின் அலகு (நி. மி. அ.) எனப்படும்.

இந்த வரையறைப்படி, $Q_1 = Q_2 = 1$ நி. மி. அ. உம் $d = 1$ செ. மீ. உம் ஆனால் $F = 1$ டைன். எனவே,

$$1 = \frac{1}{K} \quad \frac{1 \times 1}{1^2} \quad \text{அல்லது } K = 1$$

எனவே,
$$F = \frac{Q_1 Q^2}{d^2}$$

மின்னழுத்தம் (Electric Potential)

ஒரு மின்னேற்றம் அதன் அருகில் வேறு மின்னேற்றங்கள் வந்தால் அவற்றின்மீது ஒரு விசையைத் தொழிற்படுத்தும் எனவும், தூரம் அதிகம் ஆக ஆக இவ்விசை குறைந்து கொண்டே செல்லும் எனவும் பார்த்தோம். எனவே, ஒரு மின்னேற்றத்தைச் சுற்றிலும் ஒரு மின்புலம் உள்ளது. இந்த மின்புலத்தில் ஒரு மின்னேற்றத்தை வைத்தால் அதன் மீது ஒரு விசை தொழிற்படும். எனவே, இந்த விசையை எதிர்த்து மின்னேற்றத்தை நகரச் செய்ய வேண்டுமானால் வேலை செய்ய வேண்டும். இவ்வாறாக, ஒரு மின்புலத்தில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு ஒரு அலகு நேர் மின்னேற்றத்தை நகரச் செய்யத் தேவையான வேலை அந்த இரு இடங்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (Potential difference) எனப்படும். ஒரு மின்னேற்றத்தால் வரம்பிலியில் உள்ள புலம் சுழியாக இருக்குமாதலால், வரம்பிலியிலிருந்து ஒரு மின்புலத்தில் ஒரு புள்ளிக்கு ஒரு அலகு நேர்மின்னேற்றத்தைக் கொண்டு வருவதற்குத் தேவையான வேலை அந்தப் புள்ளியின் மின்னழுத்தம் எனப்படும்.

எனவே, ஒரு புள்ளியில் நிறைய மின்னேற்றங்கள் இருந்தால் அங்கு மின்னழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். அல்லது, ஒரு புள்ளியின் மின்னேற்றங்கள் அதிகரித்தால் அங்கு மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கும்.

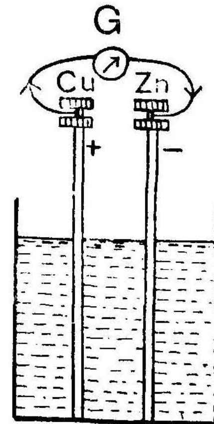
பூமியும், தரையோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களும் சுழி மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும். இதற்குள் எவ்வளவு மின்னேற்றங்களைச் செலுத்தினாலும், அல்லது இதிலிருந்து வெளியேற்றினாலும் இதன் மின்னழுத்தம் மாறுவதில்லை.

மின்னோட்டம்

உயர்ந்த மட்டத்திலுள்ள நீர் தாழ்ந்த மட்டத்திற்குப் பாய்கிறது; உயர்ந்த அழுக்கத்திலுள்ள காற்று தாழ்ந்த அழுக்கமுள்ள இடத்திற்குப் பாய்கிறது; உயர்ந்த வெப்பநிலையிலிருந்து தாழ்ந்த வெப்பநிலை உள்ள இடத்திற்கு வெப்பம் பாய்கிறது. இவை யாவும் நாமறிந்த உண்மைகளே. இயற்கையின் நியதிகளே. இதேபோல ஒரு கடத்தியின் ஒரு முனையில் மின்னழுத்தம் அதிகமாயிருந்தால் மின்னேற்றங்கள் மின்னழுத்தம் குறைந்த முனைக்குப் பாய்ந்து செல்லும். இவ்வாறு மின்னேற்றங்கள் பாய்வதனையே மின்னோட்டம் (Electric current) என்கிறோம். இவ்வாறு மின்னேற்றங்கள் பாய்வது இரு முனைகளும் ஒத்த மின்னழுத்தம் அடையும் வரைதான். பின்னர், மின்னோட்டம் நின்றுவிடும். எனவே, தொடர்ந்து மின்னோட்டம் இருக்க வேண்டுமானால் இரு முனைகளுக்கும் இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு (Potential difference) தொடர்ந்து இருக்க வேண்டும். இதனைச் செய்வதுதான் மின்கலம் (Electric cell).

வோல்டா மின்கலம் (Voltaic cell)

1799-ஆம் ஆண்டில் வோல்டா (Volta) அமைத்த இந்த எளிய மின்கலம், ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீர்த்தக் கந்தக அமிலத்தை (Dilute Sulphuric acid) உடையது. இதில் ஒரு செப்புத்தகடும், துத்தநாகத் தகடும் (Zinc) ஒன்றை ஒன்று தொடாமல் அமிழ்த்தி வைக்கப் பட்டிருக்கும். இரு தகடுகளையும் வெளிப்புறமாக ஒரு மின்னோட்டம் காட்டி (G) யின் வழியாக இணைத்தால் இச்சுற்றில் (Circuit) மின்னோட்டம் செப்புத்தகட்டிலிருந்து துத்தநாகத் தகட்டிற்குப் பாயக் காணலாம். எனவே, செப்புத்தகடு துத்தநாகத்தை விட உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தில் உள்ளதெனத் தெரிகிறது. செப்புத் தகடு நேர்மின் முனை (Positive Pole) எனவும், துத்தநாகத் தகடு எதிர் மின் முனை (Nagative Pole) எனவும் அழைக்கப் பெறும். இவ்



படம் 9.2

வாறு இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை நிலைநிறுத்தவும், அதனால் வெளிச்சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தொடர்ந்து பாயவும் செய்யும் ஒன்றிற்கு மின்னியக்கு விசை (Electro motive force- e. m. f) எனப்பெயர். மின்கலத்திலிருந்து மின்னோட்டம் பாயாது இருக்கும்போது, அதாவது, மின்கலம் திறந்தச் சுற்றில் (Open Circuit) உள்ள போது அதன் இரு மின் முனைகளுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடே அம்மின்கலனின் மின் இயங்கு விசையாகும். இதுவும், மின்னழுத்த வேறுபாடும் வோல்ட் (Volt) எனப்படும் அலகால் அளக்கப்படும். இது பற்றிப் பின்னர் பார்ப்போம்.

வோல்டா மின்கலம் வேலை செய்யும் விதத்தைக் கீழ்க் கண்டவாறு விளக்கலாம்.

நாம் முன்னரே பார்த்ததுபோல் ஒரு அணு தன் எலெக்ட்ரான்களில் ஒன்றை இழந்து விட்டால் அது நேர்மின்னேற்றம் உடையதாக இருக்கும். இது அயன நிலையில் (Ionic state) உள்ளதாகவும் இது நேர்மின் அயனி (Positive ion) எனவும் அழைக்கப் பெறும். இவ்வாறு வெளிவந்த எலெக்ட்ரான் வேறொரு அணுவுடன் சேர்ந்தால் அது எதிர் மின் அயனி (Negative ion) ஆகிறது.

வோல்டா மின்கலத்திலுள்ள நீர்த்தக கந்தக அமிலம் துத்தநாகத்துடன் இரசாயன நிகழ்ச்சிக்கு உள்ளாவதால், கந்தக அமில மூலக்கூறுகள் நீரக அயனிகளாகவும் (Hydrogen ions) சல்ஃபேட்டு அயனிகளாகவும் பிரிகின்றன. இந்த சல்ஃபேட்டு அயனிகள் துத்தநாகத்துடன் இணைந்து நாக சல்ஃபேட்டை உண்டாக்குகின்றன. இதனால் துத்தநாகத் தகடு கரையும், அதே நேரத்தில் நாகசல்ஃபேட்டின் எதிர் மின்னேற்றங்களைப் பெறுகிறது. அதே நேரத்தில் நீரக அயனிகள் செப்புத் தகட்டிற்குச் சென்று, அதற்குத் தன் நேர்மின்னேற்றங்களைத் தந்துவிட்டுச் சாதாரண நீரக வாயுவாக ஆகிவிடும். எனவே, செப்புத் தகடு நேர் மின்னேற்றம் பெறுகிறது. எனவே, இரு முனைகளையும் ஒரு கடத்தியால் சேர்க்க அதன் ஊடு மின் சாரம் பாய்கிறது. தொடர்ந்து இதே நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுவதால் மின்னோட்டமும் தொடர்ந்திருக்கும். மின் கலத்தில் நடைபெறும் இரசாயன நிகழ்ச்சியைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.



$$Zn + H_2 SO_4 = Zn SO_4 + H_2,$$

இவ்வாறாக, இரசாயன ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மின்கலத்தில் மாற்றப்படுகிறது.

வோல்டா மின்கலத்தின் குறைபாடுகள்

வோல்டா மின்கலத்தில் இரு குறைபாடுகள் உள்ளன. இதன் காரணத்தால் இது தொடர்ந்து மின்னோட்டத்தைச் சீராக அளிக்க முடியாமல் செயலற்றுப் போய்விடும். அவை யாவன:

(1) உள்ளிட நிகழ்ச்சி (Local action)

தூய்மையான துத்தநாகத் தகட்டைப் பயன்படுத்தினால் மின்கலம் வெளிச்சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாயும்போது மட்டிலுமே துத்தநாகம் கரைந்து நீரகவாயு வெளிப்படும். ஆனால், இது மிகவும் விலையுயர்ந்ததானதால் சாதாரண துத்தநாகமே பயன்படுத்தப்பெறும். இதில் இரும்பு, கரி போன்ற மாசுக்கள் (Impurities) இருக்கும். எனவே, வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயாதபோதும் துத்தநாகத் தகட்டிலுள்ள துத்தநாகமும். இரும்பும், அல்லது கரியும், அத்தகட்டினுள்ளேயே சிறு சிறு வோல்டா மின்கலங்களாகச் செயல்படும். அதனால் தொடர்ந்து துத்தநாகம் கரையும். இது உள்ளிட நிகழ்ச்சி எனப்படும், இது தவிர்க்கப்பட வேண்டுமானால் இந்த மாசுக்கள் நீக்கப்படவேண்டும் அல்லது இவை நீர்த்த கந்தக அமிலத்துடன் தொடர்புகொள்ளாது தடுக்க வேண்டும். இதற்கென சாதாரண துத்தநாகக்கட்டை ஒன்றின் மீது பாதரசத்தை மேற் பூசிவிடுவது வழக்கம். இரும்பு, கரி போன்றவை பாதரசத்தில் கரையாது; ஆனால் துத்தநாகம் மட்டிலும் பாதரசத்தில் கரைந்து கந்தக அமிலத்துடன் தொடர்புகொள்ளும்.

(2) முனை கொள்ளல் (Polarisation)

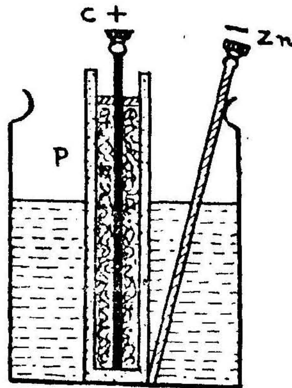
மின்கலத்தில் தோன்றும் நீரக அயனிகள் செப்புத்தகட்டிற்கு வந்து, தம் மின்னேற்றத்தை அதற்கு அளித்த பின் அங்கேயே அதன் மீது படிந்துவிடும். இதனால், செப்புத் தகட்டின் மீது நீரகவாயு மூலக்கூறுகள் ஒரு படலமாக அமைந்துவிடுகின்றன. இதனால் அடுத்தடுத்து வரும் நீரக அயனிகள் செப்புத்தகட்டை அடைத்து தம் மின்னேற்றத்தை அதற்கு அளிக்க முடியாது போய்விடுகிறது. ஏனெனில், வாயு ஒரு அரிதில் கடத்தியாகும். எனவே, வெளிச்சுற்றில் பாயும்

மின்னோட்டம் குறைகிறது. இப்போது, செப்புத் தகட்டை வெளியில் எடுத்து அதன்மீதுள்ள நீரகக்குமிழிகளைத் துடைத்துவிட்டு மீண்டும் பயன்படுத்தினால் பழைய மின்னோட்டம் துவங்கக் காணலாம். இந்நிகழ்ச்சி முனைகொள்ளல் எனப்படும். இதனைத் தவிர்க்க வேண்டுமானால் நீரக மூலக்கூறுகளை உடனுக்குடன் நீக்குவதற்கு ஒரு அமைப்புவேண்டும். இதற்கு ஆக்சிஜன் ஏற்றத்தை (Oxidation) உண்டாக்கும் பொருள்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

எல்லா முதல் மின்கலங்களிலும் (Primary Cells) இவ்விரு குறைபாடுகளும் தவிர்க்கப் பெற்றிருக்கும் ஆய்வுக்கூடங்களில் சாதாரணமாக லெக்லாஞ்சி மின்கலம் (Leclanche Cell), டேனியல் மின்கலம் (Daniel Cell) என்ற இரண்டும் பெரிதும் பயன்படுத்தப்பெறும்.

லெக்லாஞ்சி மின்கலம்

இது ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தை உடையது. (படம் 9·3). இதில் நவச்சாரக் கரைசல் (Ammonium Chloride) ஊற்றப்பட்டிருக்கும். இதில், ரசக்கலவையிட்ட (Amalgamoted) ஒரு துத்தநாகக் கட்டை (Zn) அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு நுண்துளைப் பாண்டத்தில் (Porous Pot) (P) மாங்கனிஸ் டை

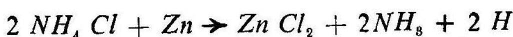


படம். 9.3

ஆக்சைடு (Manganese dioxide), கரித்தூள், பிசின், மாவு ஆகியவற்றாலான ஒரு பசையினை எடுத்துக்கொண்டு அதனுள் ஒரு கரிக்கட்டை (C) செருகப்பட்டிருக்கும். இது நேர்மின்

முனையாகவும், துத்தநாகக்கட்டை எதிர் மின்முனையாகவும் செயல்படும்.

துத்தநாகம் நவச்சாரக் கரைசலில் கரைந்து நீரக அயனி களைத் தோற்றுவிக்கின்றது. இவை பாண்டத்தின் நுண் துளைகள் ஊடு உள்நுழைந்து கரிக்கட்டைக்குத் தம் மின்னேற்றத்தை அளித்துவிட்டு, மாங்கனிஸ் டை ஆக்சை டுடன் கலந்து நீராகிவிடுகிறது. இம்முறையில் முனைகொள்ளல் தவிர்க்கப்படுகிறது. மின்கலத்தில் நடைபெறும் முழு நிகழ்ச் சியையும் பின்கண்டச் சமன்பாடுகள் விளக்கும்.



$$2\,NH_4\,Cl + Zn \rightarrow Zn\,Cl_2 + 2NH_3 + 2\,H$$

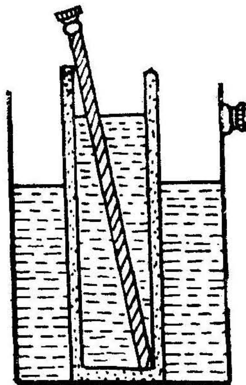


$$2\,H + 2\,Mn\,O_2 \rightarrow Mn_2\,O_3 + H_2O.$$

இந்த மின்கலத்தில், நீரகம் நீராக மாறும் செயல் அவ் வளவு விரைவாக நிகழ்வதில்லை. எனவே, இதனை நீண்டநேரம் பயன்படுத்த முடியாது. இதற்கு அடிக்கடி ஓய்வு கொடுக்க வேண்டும். எனவே, விட்டுவிட்டு மின்சாரம் தேவைப்படும் செயல்களுக்கு இதனைப் பயன்படுத்தலாம். இது ஏறத்தாழ 14 வோல்ட் மின் இயங்கும் விசையினை அளிக்கும்.

டேனியல் மின்கலம்

இது ஒரு செப்புப் பாத்திரத்தை உடையது. இதில் மயில் துத்தக் கரைசல் (Copper Sulphate solution) எடுத்துக் கொள்ளப் பெற்று இருக்கும். இப் பாத்திரமே நேர்மின் முனையாகப் பயன் படும். இக்கரைசலில், நீர்த்த கந்தக அமிலம் உடைய ஒரு நுண்துளைப் பாண்டம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் அமிழ்த்தி வைக்கப் பட்டுள்ள ரசக் கலவையிட்ட ஒரு துத்தநாகக் கட்டை எதிர் மின்முனை யாகச் செயல்படுகிறது.



படம் 9.4

நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் துத்த நாகம் கரைந்து நீரக அயனிகளை வெளிப்படுத்த, அவை பாண்டத்தின் நுண்துளைகள் ஊடு சென்று செப்புப் பாத்திரத்திற்கு நேர் மின்னேற்றங் களைத் தந்துவிட்டு, மயில்துத்தக் கரைசலுடன் சேர்ந்து

கந்தக அமிலமாக மாறும். இவ்வாறாக முனைகொள்ளல் தவிர்க்கப்படுகிறது. முழு நிகழ்ச்சியையும் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகள் விளக்கும்.



$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2H$$



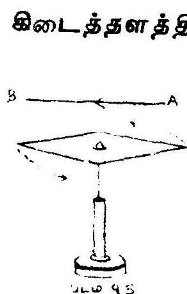
$$2H + CuSO_4 \rightarrow H_2SO_4 = Cu$$

இது தொடர்ந்து மின்னோட்டத்தை அளிக்கும். ஆனால் மயில்துத்தக் கரைசலின் செறிவு குறைந்துகொண்டே போகுமாதலின் அவ்வப்போது மயில்துத்தப் படிகங்களைப் போட வேண்டும். இது நிட்டத்தட்ட நிலையான மின் இயக்கு விசையினை (1·08 வோல்ட்) அளிப்பதால் தரப்படுத்தும் வேலைகளுக்கு (Standardisation) இதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

மின்னோட்டத்தால் காந்தப்புலம்

ஓர் கடத்தியின் வழியாக மின்சாரம் பாயும்போது அதனைச் சுற்றிலும் ஓர் மின்புலம் உண்டாகிறது என்பதனை முதன் முதலாக 1820-ஆம் ஆண்டில் ஈர்ஸ்டெட் என்பார் கீழ்க்கண்ட சோதனையின் வாயிலாகக் காண்பித்தார்.



படம் 45

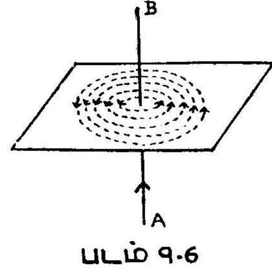
கிடைத்தளத்தில் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்ட ஒரு காந்த ஊசிக்கு மேலே அதன் அச்சிற்கு இணையாக ஒரு செப்புக்கம்பியினை (AB) நீட்டி வைத்துவிட்டு, அதன் ஊடு ஒரு மின்னோட்டத்தை A லிருந்து Bக்குப் பாய்ச்சினால் காந்த ஊசியின் வடமுனை இடப்புறம் ஒதுங்கக் காணலாம். மின்னோட்டத்தை அதிகரிக்க இந்த ஒதுக்கமும் அதிகரிக்கும். இப்போது, மின்னோட்டத்தை Bலிருந்து Aக்குப் பாயும்படிச் செய்தால் ஊசி வலப்புறம் ஒதுங்கும். எனவே, மின்னோட்டத்தால் ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகிறது என்பதும் மின்னோட்டத்தின் வலு அதிகரித்தால் இதுவும் அதிகரிக்கிறது என்பதும் தெரிகிறது. இந்தக் காந்தப்புலத்தினால் காந்த ஊசியின் வடமுனை எப்பக்கம் திரும்பும் என்பதற்கு ஆம்பியர் ஒரு விதியினைத் தந்தார். அதன்படி, ஒரு மனிதன் காந்த ஊசியை நோக்கியவண்ணம், மின்சாரம் பாயும் திசையில் நீந்துவதாகக்

கொண்டால், காந்த ஊசியின் வடமுனை அதனுடைய இடதுபுறமாக ஒதுங்கும்.

நேரான ஒரு கடத்தியைச் சுற்றியுள்ள காந்தப்புலம்

நேரான ஒரு கடத்தியின் ஊடு மின்சாரம் பாயும்போது உண்டாகும் காந்தப் புலத்தினைப் பற்றி அறிந்துகொள்வதற்கு கீழ்க்கண்ட ஆய்வினைச் செய்யலாம்.

நேரான ஒரு கடத்தியை (AB) கிடையாக உள்ள ஒரு அட்டையின் மையத்தின் வழியே நிலைக்குத்தாகச் செல்லும் படிச் செய்து அதன் ஊடு ஓர் மின்னோட்டம் A-லிருந்து B-க்குப் பாயும்படிச் செய்யவேண்டும். இப்போது, அட்டையின் மேல் இரும்புத் தூளைத் தூவி இலேசாகத் தட்டினால் அவை படம் 9·6–ல் காட்டியபடி கடத்தியைச் சுற்றிலும் ஓர் மையமுடைய வட்டங்களில் அமையக் காணலாம். இதற்குப் பதிலாக, ஒரு சிறு திசைகாட்டுகளை வரைந்தால் அவையும் படம் 9·6-ல் காட்டியபடியே அமையும். இதிலிருந்து, ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்சாரம் பாயும்போது அதனைச் சுற்றிலும் ஒரு காந்தப் புலம் ஏற்படுகிறது என்பதும் இப்புலம் கடத்திக்குச் செங்குத்துத் தாத்தில் உள்ளதென்பதும் தெரிகிறது. இந்தப் புலத்தின் திசையை மாக்ஸ்வெல்லின் தக்கைத் திருகு விதியால் (Maxwell's cork screw rule) எளிதில் கண்டு கொள்ளலாம். அதாவது:



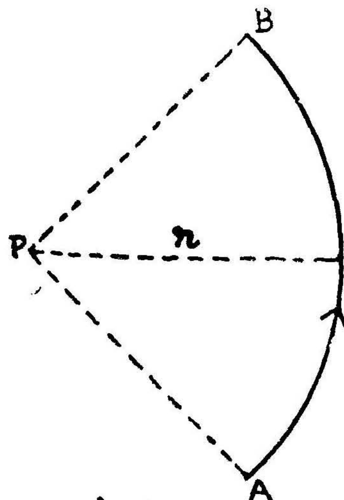
படம் 9·6

வலக்கை இயக்கமுடைய ஒரு தக்கைத் திருகினை அதன் முனையானது மின்னோட்டத்தின் திசையில் முன்னேறும்படித் திருகுவதாகக் கொண்டால். அப்போது கட்டை விரல் இயங்கும் திசையே காந்தப் புலத்தின் திசையாகும்.

மின்னோட்டத்தின் அலகு

r ஆரமுடைய ஒரு வட்டத்தின் வில்லாக வளைக்கப் பட்டுள்ள, l நீளமுடைய ஒரு கடத்தியினை (AB) எடுத்துக் கொள்வோம். இதன் வழியே I மின்னோட்டம் A–லிருந்து P-க்குப் பாய்ந்துக் கொண்டிருக்கட்டும். இதனால் அதனைச்

சுற்றிலும் ஒரு மின்புலம் உண்டாகும். இந்தக் கடத்தியின் வளைவு மையத்தில் (P) உள்ள புலம் படத்தின் தளத்திற்குச்



படம். 9.7

செங்குத்தாகக் காகிதத்திலிருந்து வெளிவரும் திசையில் இருக்கும் என்பது தக்கைத் திருகு விதியிலிருந்துப் புலனாகும். இந்தப் புலத்தின் மதிப்பு, மின்னோட்டத்தின் வலுவிற்கு நேர் விகிதத்திலும், கடத்தியின் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும், கடத்தியின் வளைவு ஆரத்தின் இருபடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும் என பயாட், சாவர்ட் (Biot & Savart) ஆகியோரின் ஆய்வுகளின் முடிவாக லாப்லாஸ் (Laplace) தொகுத்துக் கூறினர். எனவே, இந்தக் காந்தப்புலம் F ஆனல்,

$$F \propto I$$

$$\propto l$$

$$\propto \frac{}{r^2}$$

அல்லது, $$F \propto \frac{Il}{r^2}$$

அல்லது, $$F = K\frac{Il}{r^2}$$

இங்கே K என்பது ஒரு மாறிலி. மின்னோட்டத்திற்கான அலகை ஏற்ற முறையில் தேர்ந்தெடுப்பதன் வாயிலாக இதன் மதிப்பை ஒன்றாக்கலாம்.

ஒரு மின்னோட்டமானது, ஒரு சென்டிமீட்டர் ஆரமுடைய ஒரு வட்டத்தின் வில்லாக வளைக்கப்பட்ட, ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுடைய ஒரு கடத்தியின் வழியாகப் பாயும்போது, அக்கடத்தியின் மையத்தில் ஒரு ஈர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தை, உண்டாக்குமானால் அந்த மின்னோட்டம் ஒரு மின்காந்த அலகு மின்னோட்டம் (மி. கா. அ) (Electro magnetic unit of current) (e.m.u) எனப்படும்.

இந்த வரையறைப்படி $I=1$ மி. கா. அ. ஆகவும், $l=1$ செ.மீ., $r=1$ செ.மீ. ஆகவும் இருந்தால் $F=1$ ஈர்ஸ்டெட். எனவே,

$$1=K\ \frac{1\times 1}{1^2}$$

அல்லது, $K=1$

அல்லது, $F=\ \frac{Il}{r^2}$ ஈர்ஸ்டெட்

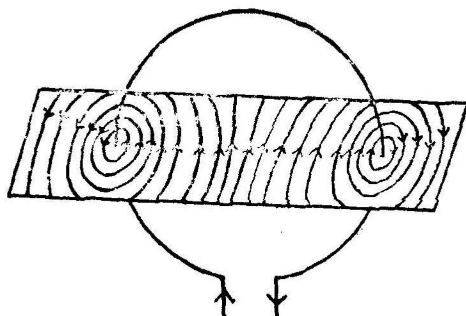
நடைமுறையில் ஆம்பியர் (Ampere) என்ற அலகே மின்னோட்டத்தை அளக்கப் பயன்படுகிறது. இது ஒரு மின்காந்த அலகில் பத்தில் ஒரு பங்காகும். எனவே, மேலே கூறிய கடத்தியின் ஊடு i ஆம்பியர் மின்னோட்டம் இருக்குமானால், அது $\frac{i}{10}$ மி. கா. அ. மின்னோட்டத்திற்குச் சமம். எனவே, கடத்தியின் வளைவு மையத்தில் காந்தப்புலம்

$$F=\ \frac{il}{10r^2}\ \text{ஈர்ஸ்டெட்.}$$

வட்டமான கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம்

r ஆரமும், n சுற்றுகளும் உடைய ஒரு வட்டக் கம்பிச் சுருளை எடுத்துக் கொள்வோம். இதன் ஊடு I மி.கா. அலகு மின்னோட்டம் பாய்வதாகக் கொள்வோம். (படம் 9·8). இப்போது, கம்பிச் சுருளின் ஒரே ஒரு வட்டத்தில் மட்டும் நம் கவனத்தைச் செலுத்த, A எனும் புள்ளியில் மின்னோட்டம் மேனோக்கிப் பாய்வதால் காந்த விசைக் கோடுகள் இதனைச் சுற்றிலும் இடஞ்சுழியாக இருக்கும். Aக்கு நேர் எதிராக உள்ள

B என்ற புள்ளியில் மின்னோட்டம் கீழ்நோக்கி இருப்பதால் இங்கு விசைக் கோடுகள் வலஞ்சுழியாக இருக்கும். இருப்பினும் கம்பிச் சுருளுக்கு உட்பட்ட இடத்தில் விசைக்கோடுகள் யாவும் காகிதத்திற்குச் செங்குத்தாக வெளியிலிருந்து உள்ளே செல்கின்றன. *A*, *B* ஆகிய புள்ளிகளிலிருந்து விலகி மையத்தை (*P*) நோக்கிச் செல்லச் செல்ல இவ்விசைக் கோடுகளின்



படம் ·௭·௯

ஆரங்கள் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லுமாதலான், மையத்திற்கு அருகில் ஒரு சிறு பகுதிக்குள் எல்லா விசைக் கோடுகளுமே ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும் எனக் கொள்ளலாம். எனவே, கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் *A*, *B* ஆகிய இடங்களில் செல்லும் மின்னோட்டத்தால் ஒரு சீரான புலம் உண்டாகிறது. கம்பிச்சுருளின் மற்ற பகுதிகளின் வழி மின்சாரம் பாய்வதாலும் இதே விளைவுதான் உண்டாகும். எனவே, வட்டமான கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் ஒரு சிறு பகுதியில் ஒரு சீரானக் காந்தப் புலம் உண்டாகிறது. இது கம்பிச் சுருளின் அச்சின் ஊடு இருக்கும். இதன் மதிப்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

மையத்தில் காந்தப்புலம் $F = \frac{Il}{r^2}$ என நமக்குத் தெரியும்.

இங்கு $l = 2\pi r \times n$ ஆனதால்,

$$F = \frac{I \times 2\pi rn}{r^2}$$

அல்லது $$F = \frac{2\pi n I}{r}$$ ஈர்ஸ்டெட்

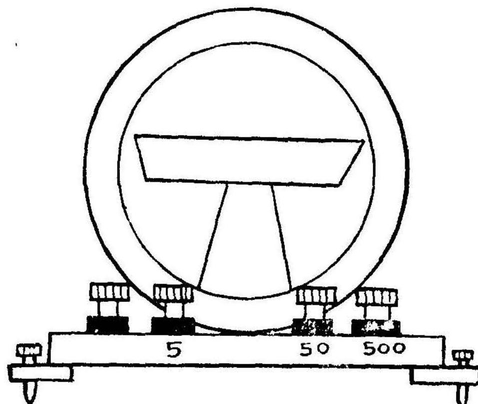
கம்பியின் ஊடு செல்லும் மின்னோட்டம் i ஆம்பியர் ஆனால் அது $\frac{i}{10}$ மி. கா. அ. க்குச் சமம். எனவே, $F=\frac{2\pi n\, i}{10r}$ ஈர்ஸ்டெட்.

மின்னோட்டம் காட்டிகள் (Galvanometers)

மின்னோட்டத்தைக் காட்டும் கருவிகள் மின்னோட்டம் காட்டிகள் எனப்படும். பலவகை மின்னோட்டம் காட்டிகள் உள்ளன. அவற்றுள் நகரும் காந்த மின்னோட்டம் காட்டிகள், நகரும் கம்பிச் சுருள் மின்னோட்டம் காட்டிகள் என்ற இருவகையினை மட்டிலும் பார்ப்போம்.

இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டி (Tangent Galvanometer)

இது ஒரு நகரும் காந்த மின்காட்டியாகும். இது ஒரு வட்டமான மரச்சட்டத்தை உடையது. இதன் மீது ஒரு கம்பிச்சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. இதில் 2 சுற்றுகளையோ, அல்லது, 50 அல்லது 500 சுற்றுகளையோ பயன்படுத்திக்



படம் 9·10

கொள்ளும் வகையில் கம்பியின் முனைகள் இணைப்பு முனைகளுடன் (Terminals) சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இந்த இணைப்பு முனைகள் மின் காட்டியின் அடிச்சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த அடிச்சட்டம் சரி செய்து கொள்ளத்தக்க மூன்று திருகுகளின்மீது நிற்கிறது. எனவே, அதனைக் கிடை

யாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம். கம்பிச்சுருள் சுற்றியுள்ள வட்டச்சட்டம் அதன்மீது செங்குத்தாகவும், ஒரு செங்குத்து அச்சின்மீது சுழலக்கூடிய வகையிலும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அந்த வட்டச்சட்டத்தின் மையத்தில் ஒரு திசைகாட்டும் பெட்டி வைக்கப்பட்டிருக்கும். அது, ஒதுக்கக் காந்தமானியில் பயன்படுத்தும் திசைகாட்டும் பெட்டியைப் போன்றது.

இது வேலைசெய்யும் முறையைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம்.

கம்பிச்சுருளின் ஆரம் r எனவும், இதில் n சுற்றுகள் உள்ளன எனவும் கொள்வோம். முதலில் இதனை காந்தமை வரை வட்டத்தின்மீது இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். எனவே, இதன் அச்சு காந்தமைவரை வட்டத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இப்போது, காந்த ஊசி புவியின் கிடைச் செறிவின் ஆளுகையில் உள்ளது. இந்நிலையில் I மி. கா. அ. மின்னோட்டத்தைக் கம்பிச் சுருளின் ஊடு செலுத்தினால் $F = \frac{2\pi nI}{r}$ எனும் காந்தப்புலம் அதன் அச்சின் ஊடும், எனவே, கிடைச் செறிவிற்குச் செங்குத்தாகவும் உண்டாகும். இதனால் காந்த ஊசி θ கோணம் திரும்பும். புவியின் கிடைச் செறிவு H ஆனால் இடுக்கை விதிப்படி (Tangent law),

$$F = H \tan \theta$$

அல்லது, $$\frac{2\pi nI}{r} = H \tan \theta$$

அல்லது, $$I = \frac{rH}{2\pi n} \tan \theta.$$

கம்பிச்சுருளின் வழிச்செல்லும் மின்னோட்டம் i ஆம்பியர் ஆனால், அது $\frac{i}{10}$ மி. கா. அ. ஆகும். எனவே,

$$\frac{i}{10} = \frac{rH}{2\pi n} \tan \theta$$

அல்லது, $$i = \frac{10\, rH}{2\pi n} \tan \theta$$

இதில் r, H ஆகியவை மாறிலிகள். எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தும்போது n-ம் மாறிலி. எனவே,

$i = K \tan \theta$ என எழுதலாம்.

இங்கு K ஒரு மாறிலி ஆகும். இது மின்னோட்டம் காட்டியின் மாற்றுக் காரணி (Reduction factor) எனப்படும்.

இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியினைப் பயன்படுத்தும் போது கையாளவேண்டிய முறைகளாவன:

முதலில் ஒரு குமிழி மட்டத்தை (Spirit level) பயன்படுத்தி திருகுகளைச் சரிசெய்து அடிச்சட்டம் கிடையாக இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். இதனால் வட்டச்சட்டம் நிலைக்குத்தாக இருக்கும். இப்போது, வட்டச்சட்டத்தைச் சுழற்றி மேலிருந்து நிலைக்குத்தாகக் கீழே பார்க்கும்போது இதன் விளிம்பும், காந்த ஊசியும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். இதனால் கம்பிச்சுருள் காந்த மை வரை வட்டத்திற்கு வருகிறது. பிறகு, திசைகாட்டும் பெட்டியை மட்டும் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள் $0° - 0°$ காட்டும்படிச் செய்யவேண்டும்.

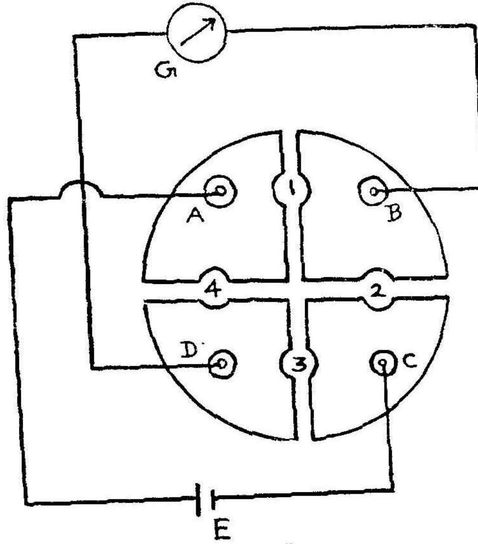
இந்த ஆரம்ப சரியமைவுகளைச் செய்தபின், மின்னோட்டத்தைப்பாய்ச்ச காந்த ஊசியும் அதனால் அலுமினிய முள்ளும் ஒதுக்கமடையும். இப்போது அலுமினிய முள் காட்டும் அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். அலுமினிய முள் வட்ட அளவுகோலின் மையத்தில் இல்லாதபடி சற்றுத்தள்ளிப் பொருத்தப்பட்டிருக்குமானால் பிழை ஏற்படும். எனவே, முள்ளின் இருமுனைகள் காட்டும் அளவுகளையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். கம்பிச்சுருள் காந்த மைவரை வட்டத்தில் சரியாக இல்லாமலிருந்தாலும், திசைகாட்டும் பெட்டி கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் இல்லாமல் இருந்திருந்தாலும் பிழைகள் ஏற்படும். எனவே, மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றி மீண்டும் இரு அளவுகள் எடுத்து, நான்கு அளவுகளின் சராசரியை θ எனக் கணக்கிட்டால்

$$i = \frac{10\, r\, H}{2\pi n} \tan \theta$$

இவ்வாறாக, மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

மின்போக்கு மாற்றி (Commutator)

மேலே கூறியபடி மின்னோட்டத்தைத் திசை திருப்புவதற்குப் பயன்படுவது மின்போக்கு மாற்றியாகும். இதில்



படம் 9.11

ஒரு வகை, படம் 9·11-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு மரக்கட்டை அல்லது எபொனைட்டுக் கட்டையின்மீது பொருத்தப்பட்ட நான்கு கால் வட்டமான பித்தளைத் துண்டுகளால் ஆனது. அடுத்தடுத்துள்ள எந்த இரு கால் வட்டங்களையும் ஒரு பித்தளை முனை வழியாக இணைக்கலாம். மின்கலத்தை *A*, *C* கால் வட்டங்களுக்கும் மின்னோட்டம் காட்டியை *B*, *D* கால் வட்டங்களுக்கும் இடையே இணைக்கவேண்டும். இப்போது, *AB*, *CD* கால் வட்டங்களை முனைகளைச் செருகி இணைத்தால் மின்னோட்டம் மின்கலத்திலிருந்து *E A B G D C E* என்ற திசையில் செல்லும். மாறாக, 2, 4 துளைகளை மூடி *AD*, *BC* கால் வட்டங்களை இணைத்தால் மின்னோட்டம் *E A D G B C E* பாதையில் செல்லும். இப்போது மின்னோட்டம் காட்டியின் ஊடு முன் சென்ற திசைக்கு எதிர்த்திசையில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது.

இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னோட்டம் காட்டி

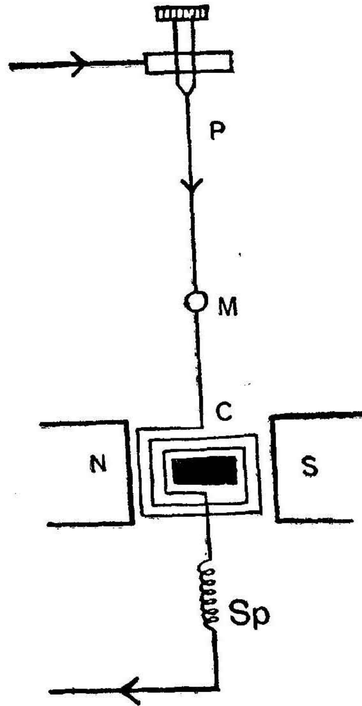
இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டி அவ்வளவாக உணர்திறம் உடையது அல்ல ஆகையாலும், இதில் மின்னோட்டமானது காந்த ஊசியின் ஒதுக்கத்தின் இடுக்கைக்கே நேர் விகிதத்தில் உள்ளதாலும், இது அவ்வளவாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. மேலும் இதைக்கொண்டு மின்னோட்டங்களை அளக்கமுடியாது. இதுவன்றி இதனைப் பயன்படுத்துவதில் வேறு தொல்லைகளும் உள்ளன. எனவே, இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னோட்டம் காட்டிகளே பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

இது வேலை செய்யும் தத்துவம் கீழ்க்கண்டவாறு, மின்னோட்டம் பாயும் ஒரு கம்பிச்சுருளை அதன் தளம் ஒரு காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக இருக்கும்படி வைத்தால் அதன்மீது ஒரு விசைப்பிணைத் தொழிற்படும், எனவே, அது சுழல ஆரம்பிக்கும். ஆனால், அதனை மீள் திறனுடைய ஒரு கம்பி இழையில் கட்டித் தொங்கவிட்டிருந்தால் இழையும் முறுக்கப் பட்டு அதனால் இது கம்பிச்சுருள் சுழல்வதனை எதிர்க்கும். அதனால் கம்பிச்சுருள் அமைதி நிலைக்கு வரும். இது ஆரம்ப நிலையிலிருந்து θ கோணம் ஒதுக்கமடைந்த நிலையானால், கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் i ஆனது θ வுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளதெனக் காட்டலாம். எனவே $i = K\theta$. இங்கே, K என்பது ஒரு மாறிலி. தெரிந்த மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சி இதன் மதிப்பைக் கண்டுகொள்ளலாம்.

இது ஒரு வலுவான நிலைக்காந்தத்தை உடையது. இதன் முனைகளுக்கு இடையே (NS) ஒரு செவ்வகச் சட்டத்தின்மீது சுற்றப்பட்ட பல சுற்றுக்களை உடைய ஒரு காப்பிட்ட கம்பிச் சுருள் P என்ற நீள்திறனுடைய ஒரு பாஸ்ஃபர் வெண்கலக் (Phosphor bronze) கம்பி இழையே மின்சாரத்தை கம்பிச் சுருளுக்குள் கொணரும் காலாகவும் பயன்படுகிறது. கம்பிச் சுருள் SP என்ற ஒரு நொய்தான வில்லினால் அதன் நிலையில் இருக்கும்படிச் செய்யப்படுகிறது. இந்த வில் வழியாகவே கம்பிச்சுருளிலிருந்து மின்னோட்டம் வெளிச்செல்கிறது. கம்பிச் சுருளுக்கு உள்ளே ஒரு இரும்பு உருளையை வைத்தும், காந்த முனைகளைக் குழிவாக அமைத்தும் காந்தப்புலம் எப்போதும் கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம்.

தொங்கும் கம்பியிழையில் ஒரு சிறு குழி ஆடி (M) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதன் வளைவு ஆரம் 1 மீட்டர். இதன்

முன்னே ஒரு மீட்டர் தொலைவில் ஒரு விளக்கும், ஒளிகசியும் அளவுகோலும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளி ஆடியால் திருப்பமடைந்து அளவுகோலில் குவிமுகப் படுத்தப்பெறும். இதனால் விளக்கிலுள்ள ஒரு நேர்கோட்டுக் கம்பியின் பிம்பம் தெரியும். இப்போது, கம்பிச்சுருள் θ கோணம் சுழன்றால், ஆடியும் θ கோணம் சுழலும். அதனால் திரும்புகதிர் 2θ கோணம் சுழலும். எனவே, பிம்பம் நகரும். இது s தூரமானால் $\theta = \frac{s}{2D}$ என்பது தெளிவு. D என்பது



படம் 9.12

ஆடிக்கும் அளவுகோலுக்கும் உள்ள தூரம். இவ்வாறாக θஐ அளந்து மின்னோட்டத்தை அளக்கலாம்.

இது மிகவும் நுட்பம் வாய்ந்தது. மைக்ரோ ஆம்பியர்களையும் அளிக்கும் ஆற்றல் பெற்றது. ஆனால், இது மிகவும்

னொய்தானதால் எப்போதும் ஓரிடத்தில் நிலையாக வைக்கப் பட்டிருக்கும். ஆனால், அதனை கையடக்கமானதாகவும், எங்கும் எடுத்துச் செல்லக்கூடியதாகவும் மாற்றி அமைத்துக்கொள்ள லாம். இந்த அமைப்பில் கம்பிச்சுருளானது கம்பி இழையால் தொங்கவிடப்படாமல் முனைகளின்மீது சுழலும்படி அமைக்கப் பட்டிருக்கும். இத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வில் இதன் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். கம்பிச்சுருளோடு இணைக்கப் பட்டுள்ள ஒரு குறிமுள் முகப்புத்தகட்டில் உள்ள அளவு கோலின் நகர்ந்து மின்னோட்டத்தைக் காட்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 500 சுற்றுகள் உடைய ஒரு கம்பிச் சுருளின் ஆரம் 5 செ.மீ. இதன் வழியே 0·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்லும் போது அதன் மையத்திலுள்ள காந்தப்புலம் எவ்வளவு?

$$F = \frac{2\pi ni}{10r}$$

இங்கே, $n = 500$, $i = 0{\cdot}5$ ஆம்பியர், $r = 5$ செ.மீ.

எனவே, காந்தப்புலம் $F = \dfrac{2\pi \times 500 \times 0{\cdot}5}{10 \times 5}$

$$= 10\pi$$

$= 31{\cdot}42$ ஈர்ஸ்டெட்

(2) ஒரு இடுக்கை மின்னோட்டங் காட்டியின் 2 சுற்றுகள் கம்பிச் சுருளைப் பயன்படுத்தி ஒரு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்ச குறிமுள் 45° ஒதுங்குகிறது. கம்பிச் சுருளின் சராசரி விட்டம் 15 செ. மீ. ஆனால் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு. ($H = 0{\cdot}38$.)

$n = 2$, $r = \dfrac{15}{2} = 7{\cdot}5$ செ.மீ. $H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட். $\theta = 45°$

$i = \dfrac{10rH}{2\pi n} \tan\theta$ ஆனதால்,

$$i = \frac{10 \times 7{\cdot}5 \times 0{\cdot}38}{2 \times \pi \times 2} \times \tan 45°$$

$i = 2{\cdot}269$ ஆம்பியர்

(3) ஒரு இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியின் சராசரி ஆரம் 8 செ.மீ. இதன் 5 சுற்றுகள் சுருளின் வழியே 0·6 ஆம்பியரைச் செலுத்தினால் ஒதுக்கம் 30° ஆக உள்ளது. புவியின் கிடைச் செறிவைக் கணக்கிடு.

$$n = 5,\ r = 8 \text{ செ.மீ},\ i = 0{\cdot}6 \text{ ஆம்பியர்},\ \theta = 30^\circ$$

$$i = \frac{10rH}{2\pi r} \tan\theta \text{ ஆனதால்,}$$

$$H = \frac{2\pi n i}{10 r \tan\theta}$$

எனவே, $H = \dfrac{2\pi \times 5 \times 0{\cdot}6}{10 \times 8 \times \tan 30}$

அல்லது, $H = \dfrac{6\pi}{80 \times 0{\cdot}5774}$

அல்லது, $H = 0{\cdot}4082$ ஈர்ஸ்டெட்.

ஓமின் விதி

மின்சாரம்

மின்னேற்றங்கள் பாய்ந்து செல்வதே மின்னோட்டம் என முன்னரேக் கண்டோம். எனவே, மின்னேற்றங்கள் அல்லது மின்சாரம் ஒரு கடத்தியின் வழியாக ஒரு வினாடியில் பாய்ந்து செல்லும் அளவே மின்னோட்டத்தின் வலுவாகும். இதனையே ஆம்பியர்களில் அளக்கிறோம். எனவே, ஒரு கடத்தியின் வழியாக i ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டம் t நேரம் பாய்ந்தால், இந்த நேரத்தில் பாய்ந்து சென்ற மின்சாரம் $Q = i \times t$ இது கூலம்பு (Coulomb) எனப்படும் அலகால் அளக்கப்படுகிறது. ஒரு கடத்தியின் ஊடே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் ஒரு வினாடியில் பாயும் மின்சாரமே ஒரு கூலம்பு எனப்படும்.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகு

நிலைமின்சாரத்தைப் பற்றிப் பார்க்கும்போது, ஒரு மின்னேற்றத்தை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லும்போது செய்யவேண்டிய வேலையே அந்த இரு இடங்களிலும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு எனக்கண்டோம். ஒரு கடத்தியின் இருமுனைகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு இருந்தால்தான் மின்சாரம் பாயும் எனவும் கண்டோம். எனவே, கடத்தியின் ஊடு மின்சாரம் பாய்வதற்கு

வேலை நடை பெற வேண்டும். இந்த வேலை பாயும் மின்சாரத்தையும் கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும் பொறுத்தது. எனவே, Q கூலம்பு மின்சாரம் V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் பாய்வதற்கான வேலை W ஆனால்,

$$W \propto Q,$$

$$\propto V.$$

அல்லது, $W \propto QV$ அல்லது $W = KQV$ இங்கே, K ஒரு மாறிலியாகும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டைத் தகுந்த முறையில் வரையறுப்பதன் வாயிலாக இதன் மதிப்பைச் சுழியாக்கலாம்.

ஒரு கூலம்பு மின்சாரம் ஒரு கடத்தியின் ஊடு பாயும்போது ஒரு ஜோல் வேலை நடைபெறுமானால் அதன் இரு முனைகளிலும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் எனப்படும்.

எனவே. $Q = 1$ கூலம்பு, $V = 1$ வோல்ட் ஆனால் $W = 1$ ஜோல். எனவே,

$$1 = K\, 1 \cdot 1$$

அல்லது, $K = 1$

எனவே, $W = VQ$ ஜோல்.

ஓமின் விதி (Ohm's law)

ஒரு கடத்தியின் ஊடு பாயும் மின்னோட்டம் அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்திருக்கும். மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரித்தால் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கும். இதனை ஒரு விதியாக ஓம் அளித்தார். இவ்விதியைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்:

ஒரு கடத்தியின் வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும்போது, அதன் ஊடு செல்லும் மின்னோட்டம் அதன் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

எனவே, ஒரு கடத்தியில் V வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் i ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால்

$$V \propto i$$

அல்லது $V = Ri$

இங்கே R என்பது ஒரு மாறிலி. இது அந்தக் கடத்தியின் மின்தடை (Electrical resistance) எனப்படும். இதனை ஓம் என்ற அலகில் அளப்பது வழக்கம்.

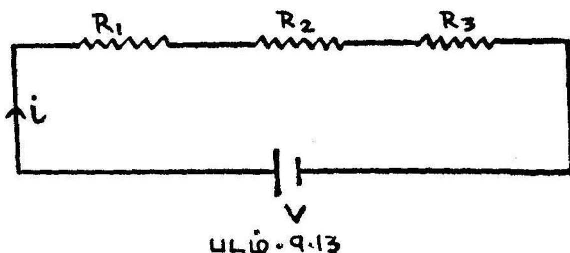
ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு உள்ளபோது அதன் ஊடு ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால், அதன் மின்தடை ஒரு ஓம் எனப்படும்.

எனவே, V வோல்ட்டுகளிலும் i ஆம்பியர்களிலும் இருந்தால்,

$$R = \frac{V}{i} \text{ ஓம்.}$$

மின்தடைகளின் தொடர் இணைப்பு

R_1, R_2, R_3 என்ற மின்தடைகள் உடைய மூன்று கடத்திகள் தொடர்நிலையில் (Series) இணைக்கப்பட்டு, இவற்றின் இடையே



படம் 9.13

V மின்னழுத்த வேறுபாட்டை நல்கும் ஒரு மின் கலத்தை இணைப்போம். இதனால் இச்சுற்றில் i மின்னோட்டம் பாயட்டும். மின்தடைகள் தொடர் நிலையில் உள்ளதால் இதே மின்னோட்டம்தான் எல்லா மின்தடைகளின் ஊடும் பாயும் என்பது தெளிவு. எனவே, விதிப்படி,

R_1ன் இரு முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_1 = iR_1$

R_2ன் இரு முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_2 = iR_2$

R_3ன் இரு முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_3 = iR_3$

எனவே, மூன்று மின் தடைகளும் தொடர் நிலையில் உள்ள போது அதன் முனைக்கோடிகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $V = V_1 + V_2 + V_3$ ஆனதால்,

$$V = iR_1 + iR_2 + iR_3.$$

அல்லது, $V = i(R_1 + R_2 + R_3) \longrightarrow (1).$

இப்போது இம்மூன்று மின் தடைகளையும் நீக்கிவிட்டு அதன் இடத்தில் R மின்தடையுள்ள ஒரே ஒரு மின்கடத்தியை அமைத்தால், மின்னோட்டம் அதே i இருக்குமானால், இந்த R தான் அவற்றின் சம மின்தடை (equivalent resistance).

Rன் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\} V = iR$

இதனை (1) உடன் ஒப்பிட

$$iR = i(R_1 + R_2 + R_3).$$

அல்லது, $R = R_1 + R_2 + R_3.$

எத்தனை மின்தடைகளை எடுத்துக் கொண்டாலும் இதே முடிவுதான் கிட்டும். எனவே,

பல மின்தடைகள் தொடர் இணைப்பாக உள்ளபோது அவற்றின் சம மின்தடையானது அவற்றின் தனித்தனி மின்தடைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

ஒவ்வொன்றும் r மின்தடையுள்ள n கடத்திகள் தொடர் இணைப்பாக இருந்தால், அதன் சம மின்தடை,

$$R = r + r + r + \ldots\ldots n \text{ உறுப்புகள்}$$

அல்லது, $R = nr.$

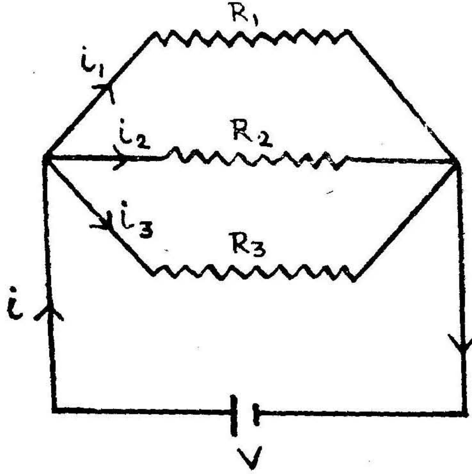
ஒரு சீரான குறுக்களவுடைய கடத்தியை சமநீளத் துண்டுகளாக வெட்டினால் அவற்றின் மின்தடைகள் சமமாக இருக்கும். எனவே, இத்துண்டுகளை தொடர் நிலையில் இணைத்தால் அவற்றின் நீளம் அதிகரிக்க சம மின்தடையும் அதிகரிக்கிறது. எனவே, ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளதெனத் தெரிகிறது.

எனவே, $R \propto l.$

மின்தடைகளின் பக்க இணைப்பு

R_1, R_2, R_3 என்ற மூன்று மின்தடைகளை பக்க இணைப்பாக (Parallel connection) இணைத்து அவற்றை V மின்னழுத்த வேறு

பாடு கொடுக்கும் ஒரு மின்கலத்தோடு இணைப்போம். இதனால் Aல் நுழையும் i மின்னோட்டம், R_1, R_2, R_3 ஆகியவற்றின் வழியே முறையே i_1, i_2, i_3 எனப் பிரியும். ஆனால், எல்லா மின்



படம். 9.14

தடைகளும் A,B என்ற இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ளதால் அவற்றின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒன்றுதான் (V). எனவே, ஓம் விதிப்படி,

R_1 வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம், $i_1 = \frac{V}{R_1}$

R_2 வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம், $i_2 = \frac{V}{R_2}$

R_3 வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம், $i_3 = \frac{V}{R_3}$

எனவே, $i = i_1 + i_2 + i_3$ ஆனதால்,

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

அல்லது, $$i = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \longrightarrow (1)$$

இப்போது, மூன்று மின்தடைகளையும் நீக்கிவிட்டு R மின் தடை உள்ள ஒரே ஒரு கடத்தியினை அவற்றின் இடத்தில் அமைக்க அதன் ஊடு மின்னோட்டம் i ஆனால் R தான் அவற்றின் சம மின்தடை. எனவே,

Rன் வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம் $i=\frac{V}{R}$

இதனை (1) உடன் ஒப்பிட

$$\frac{V}{R} = V\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

அல்லது,
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

எத்தனை மின்தடைகளை எடுத்துக்கொண்டாலும் இதே முடிவைப் பெறலாம். எனவே,

பல மின்தடைகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது அவற்றின் சம மின்தடையினது தலைகீழ் மதிப்பு அவற்றின் தனித்தனி மின்தடைகளின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

ஒவ்வொன்றும் r மின்தடையுள்ள n கடத்திகள் பக்க இணைப்பில் இருந்தால் அவற்றின் சம மின்தடை R ஆனால்,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r}+\frac{1}{r}+\frac{1}{r}+\ldots \; n \text{ உறுப்புகள்.}$$

எனவே,
$$\frac{1}{R}=\frac{n}{r} \text{ அல்லது } R = \frac{r}{n}$$

எனவே, முன்போல் சம நீளமுள்ள ஒரே குறுக்களவுள்ள ஒரே பொருளாலான கடத்திகளின் மின்தடைகள் சமமாக இருக்குமாதலான் அவற்றை ஒன்றன் பக்கம் ஒன்று வைக்க, குறுக்களவு அதிகமாகும். அதே நேரத்தில் சம மின்தடைக் குறையும். எனவே, ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் குறுக்களவிற்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளதெனத் தெரிகிறது.

அதாவது, $R \propto \frac{1}{a}$

மின்தடை எண் (Specific resistance)

ஒரு மின் கடத்தியின் மின்தடையானது அதன் நீளத்திற்கு நேர்விகிதத்திலும், அதன் குறுக்களவின் பரப்பிற்கு எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளதெனப் பார்த்தோம். எனவே, l நீளமும் a குறுக்களவுப் பரப்பும் உடைய கடத்தியின் மின்தடை R ஆனால்,

$$R \propto l$$

$$\propto \frac{1}{a}$$

அல்லது, $R \propto \frac{l}{a}$

அல்லது, $R = \frac{sl}{a}$

இங்கே s என்பது ஒரு மாறிலி. இது கடத்தி என்ன பொருளால் செய்யப்பட்டுள்ளதோ அதன் மின்தடை எண் எனப்படும்.

இப்போது, $l = 1$ செ. மீ., $a = 1$ சதுர செ. மீ. ஆனால் $R = s$.

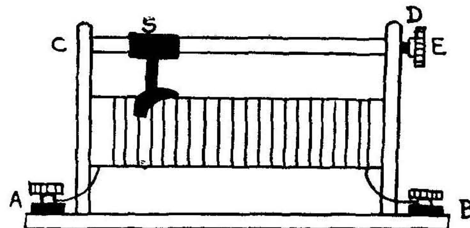
எனவே, ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளமும், ஒரு சதுர சென்டி மீட்டர் குறுக்களவும் உடைய ஒரு கடத்தியின் மின்தடையே அதன் மின்தடை எண் என வரையறைச் செய்யலாம்.

மேலும், இதனை ஒரு சென்டி மீட்டர் பக்கங்களையுடைய கனசதுர வடிவானக் கடத்தியின் மின்தடை எனவும் வரையறுக்கலாம். இந்த வரையறையைப் பயன்படுத்திதான் இதன் அலகு ஓம் / கன செ. மீ. எனக் கொள்ளப்படுகிறது.

மாறு மின்தடை (Rheostat)

ஒரு மின் சுற்றிலுள்ள மின்தடையை மாற்றுவதற்கு ஒரு மாறு மின்தடையைப் பயன்படுத்தலாம். இது பீங்கான் (Porcelain) அல்லது பலகைக் கல்லால் (Slate) ஆன ஒரு குழாயின் மீது இறுக்கமாகவும், சீராகவும் ஒன்றை ஒன்று தொடாமாலும் சுற்றப்பட்ட ஒரு மின்தடைக் கம்பியை உடையது.

இது உயர்ந்த மின்தடை எண் உடைய கான்ஸ்டான்டன் (Constantan) அல்லது மாங்கனினால் (Manganin) ஆனது. இதன் இரு முனைகளும் A, B என்ற இரு இணைப்பு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. குழாய்க்கு மேலே அதன் அச்சுக்கு இணையாக CD என்ற உலோகக் கட்டை உள்ளது. இதன் மீது



படம். 9.15

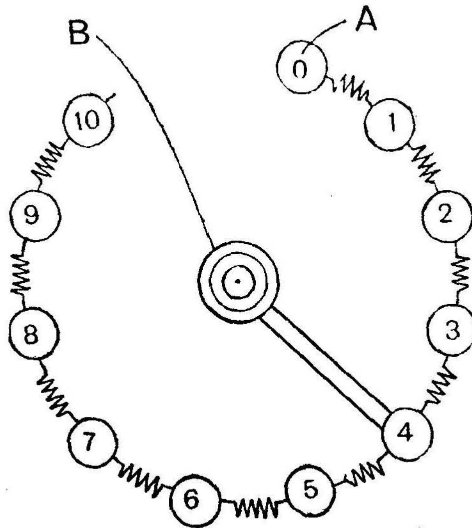
நகர்த்தக்கூடிய, விற்களால் கம்பிச்சுருளை அழுந்தத் தொட்டுக் கொண்டு இருக்கும் படி அமைக்கப்பட்ட, உலோகத்துண்டு (S) உள்ளது. மேலே உள்ள உலோகக்கட்டையோடு ஒரு இணைப்பு முனை E உள்ளது. கம்பிச்சுருளின் ஏதேனும் ஒரு முனையையும் (A எனக்கொள்வோம்) E யையும் ஒரு சுற்றில் இணைத்தால் கம்பிச்சுருளின் AS பகுதிதான் மின்தடையாக இருக்கும். எனவே, S ஐ நகர்த்தி மின்தடையை மாற்றிக் கொள்ளலாம்.

மின்தடைப் பெட்டி

மாறு மின்தடையைப் பயன்படுத்தும்போது எவ்வளவு மின்தடையை எடுத்துக் கொள்கிறோம் என்பது நமக்குத் தெரியாது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட மின்தடையைச் சுற்றில் சேர்க்க விரும்பினால் இதற்குத் தனியான மின்தடைகளையோ அல்லது பல மின்தடைகளைச் சேர்த்து அமைத்துள்ள மின்தடைப் பெட்டியையோ பயன்படுத்தலாம். இதில் இருவகைகள் உள்ளன.

(i) சுழற்றும் அமைப்புடைய மின்தடைப் பெட்டியில், ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் ஒரு வளையத்தில் 11 பித்தளைக் குமிழ்கள் (Studs) உள்ளன. அடுத்தடுத்த குமிழ்களுக்கு இடையே ஒரு ஓம் மின்தடையுடைய கம்பிச்சுருள்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. படத்தில் O குமிழ் எனக்காட்டப்பட்டுள்ளது. A எனும் ஒரு இணைப்பு முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பித்தளையாலான

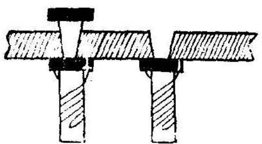
ஒரு ஆர புயம் (Radial arm) எந்த ஒருகுமிழையும் மையத்தோடு இணைக்கும். மையம் B எனும் இணைப்பு முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்போது படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல்



படம் 9.16

4-வது குமிழைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமானால் நான்கு ஒரு ஓம்கள் தொடர் இணைப்பில் உள்ளன. எனவே, நாம் எடுத்துக்கொள்ளும் மின் தடை 4 ஓம்.

மேலே விவரித்தது ஒற்றை ஓம்களால் ஆனது. 10, 100, 0.1 போன்ற மின்தடைகளை உடையப் பெட்டியும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இந்த அமைப்புகளைக் கொண்ட பெட்டிகளும் உண்டு.



படம் 9.17

முனைவகைப் பெட்டியில் சிறு சிறு உருளைகளில் பல மதிப்புடைய (காட்டாக, 1, 2, 2, 5, 10, 20, 20, 50, 100, 200 ஓம்கள்) மின்தடைச் சுருள்கள் இரட்டையாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இவற்றின் முனைகள் வரிசையாக அமைக்கப்பட்டுள்ள பித்தளைக் கட்டைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு பித்தளைக் கட்டைகளுக்கு இடையே உள்ள பித்தளை முனையை எடுத்துவிட்டால் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள மின்

தடைமட்டும் பயனாகிறது. முனையை வைத்தால் அந்த மின் தடை பயனாவதில்லை. ஏனெனில் பித்தளைக் கட்டைகளை தடித்த முனை இணைப்பதாலும் இவற்றின் மின் தடை சுழி ஆதலாலும் மின்னோட்டம் அங்கு இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் தடைக்குச் செல்லாமல் நேராகப் பாயும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 1, 2, 3 ஓம் மின்தடையுள்ள மூன்று கடத்திகள் (அ) தொடர் இணைப்பில் (ஆ) பக்க இணைப்பில் உள்ளன. அவற்றின் சம மின்தடையைக் கணக்கிடு.

(அ) தொடர்பு இணைப்பு

சம மின்தடை $R = R_1 + R_2 + R_3$

எனவே, $R = 1 + 2 + 3$

அல்லது, $R = 6$ ஓம்

(ஆ) பக்க இணைப்பு

சம மின்தடை R ஆனால்,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

எனவே $$\frac{1}{R} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$$

அல்லது, $$\frac{1}{R} = \frac{6+3+2}{6} = \frac{11}{6}$$

அல்லது, $$R = \frac{6}{11} \text{ ஓம்} = 0.545 \text{ ஓம்.}$$

(2) இரு மின்தடைகள் தொடர் இணைப்பில் உள்ள போது சம மின்தடை 12 ஓம். அவை பக்க இணைப்பில் உள்ள போது சம மின்தடை $1\frac{2}{3}$ ஓம். மின்தடைகளைக் கண்டுபிடி.

மின் தடைகள் R_1, R_2 ஆனால்,

$$R_1 + R_2 = 12 \longrightarrow (1)$$

மேலும், $$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{1\frac{2}{3}} = \frac{3}{5}$$

அல்லது, $\frac{R_2+R_2}{R_1R_2} = \frac{3}{5}$

அல்லது, $\frac{12}{R_1R_2} = \frac{3}{5}$ (1) வதிலிருந்து

எனவே, $R_1 \; R_2 = \frac{12 \times 5}{3} = 20 \longrightarrow (2)$

$(R_1 - R_2)^2 = (R_1 + R_2)^2 - 4R_1R_2$ ஆனதால்

$(R_1 - R_2)^2 = 12^2 - 4 \times 20$

அல்லது, $(R_1 - R_2)^2 = 144 - 80 = 64$

எனவே, $R_1 - R_2 = 8 \longrightarrow (3)$

(2) வது $\longrightarrow$ $R_1 + R_2 = 12$
எனவே, $2R_1 = 20$

அல்லது, $R_1 = 10$ ஓம்

எனவே, $R_2 = 2$ ஓம்.

(3) 100 செ.மீ. நீளமும் 0·5 மி.மீ. விட்டமும் உடைய ஒரு கம்பியின் மின்தடை 2·4 ஓம் ஆனால், அதன் மின்தடை எண்ணைக் கணக்கிடு.

$$R = \frac{sl}{a}$$

எனவே, $s = \frac{Ra}{l}$

இங்கே $R = 2{\cdot}4$ ஓம், $a = \pi r^2 = \pi \times 0{\cdot}025^2$ சதுர செ.மீ. $l = 100$ செ.மீ. எனவே,

$$s = \frac{2{\cdot}4 \times \pi \times 0{\cdot}025^2}{100}$$

அல்லது, $s = 0{\cdot}00004711$ ஓம்/கன செ.மீ.

அல்லது, $s = 47{\cdot}11$ மைக்ரோ ஓம்/கன செ.மீ.

அம்மீட்டர் (Ammeter)

மின்னோட்டத்தை அளப்பதற்குமின்னோட்டம் காட்டிகளைப் பயன்படுத்தலாமெனப் பார்த்தோம். ஆனால், இவை மிகச்சிறு மின்னோட்டங்களையே அளக்கப் பயன்படும். மேலும் இவற்றின் மின்தடை அதிகம். எனவே, இவற்றை நேராக ஒரு சுற்றில் பயன்படுத்தினால் சுற்றின் தடை வெகுவாக உயரும். அதனால் அதிலுள்ள மின்னோட்டம் குறையும். எனவே, உயர்ந்த மின்னோட்டங்களை அளக்கப் பயன்படும் அம்மீட்டரின் மின்தடை குறைவாக இருக்கவேண்டும். ஒரு கையடக்கமான மின்னோட்டம் காட்டியுடன் பக்க இணைப்பாக ஒறு சிறு மின்தடையை இணைத்து அதனை ஒரு அம்மீட்டராக மாற்றி விடலாம். இவ்வாறு பயன்படும் மின்தடை தடம் மாற்றும் மின்தடை (Shunt resistance) எனப்படும். இது சிறிய மின்தடையாக இருப்பதால் சுற்றில் வரும் மின்னோட்டத்தில் பெரும்பகுதி இதன் வழியே; செல்லும் ஒரு சிறுபகுதிதான்மின்னோட்டம் காட்டியின் வழியே செல்லும் இச்சிறு மின்னோட்டத்தை மின்னோட்டம் காட்டியிலிருந்துத் தெரிந்து கொள்ளலாம். இதிலிருந்து மொத்த மின்னோட்டத்தையும் கணக்கிட்டு விடலாம். நாம் ஒவ்வொரு முறையும் இவ்வாறு கணக்கிடத் தேவையில்லை. மின்னோட்டங் காட்டியே நேராக முழு மின்னோட்டத்தையும் காட்டும் வகையில் அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும்.

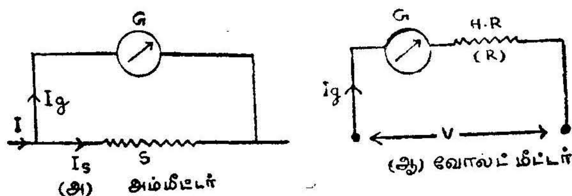
மின்னோட்டம் காட்டியின் பக்க இணைப்பாக ஒரு சிறு மின்தடை உள்ளதால். இரண்டும் சேர்ந்து உருவான அம்மீட்டரின் மின்தடை அச்சிறு மின்தடையைவிடச் சிறிதாக இருக்கும்.

அம்மீட்டரை எந்தச் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடவேண்டுமோ அதில் தொடர் முறையில் இணைக்க வேண்டும்.

வோல்ட் மீட்டர் (Voltmeter)

இது மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை அளக்கும் கருவி. இதுவும் ஒரு கையடக்கமான மின்னோட்டம் காட்டிதான். இதனுடன் தொடர் நிலையில் ஒரு உயர்ந்த மின்தடையை இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு சுற்றில் எந்த இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காணவேண்டுமோ அவற்றிற்கு பக்க இணைப்பாக வோல்ட் மீட்டரை இணைக்கவேண்டும். இது உயர்ந்த மின்தடையைப் பெற்றிருப்பதால் அப்புள்ளிகளுக்கு

இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாற்ருது. இதன் முகப்பு அளவுகோல் நேராக



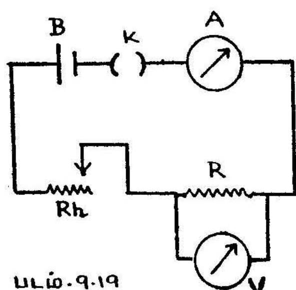
படம் 9.18

வோல்ட்டுகளைத் தரும்படி அளவுக் குறியீடு செய்யப் பட்டிருக்கும்.

சோதனை 9·1

ஓமின் விதியைச் சரிபார்த்தல்

ஒரு மின்கலம் (*B*), ஒரு பொருத்தி (*K*), ஒரு அம்மீட்டர் (*A*), ஒரு மாறுமின்தடை (*Rh*), ஒரு மின்தடை *R* ஆகியவற்றை தொடர்நிலையில் இணைக்க வேண்டும். இப்போது, *R*க்குக்குறுக்கே பக்க இணைப்பாக ஒரு வோல்ட் மீட்டரை இணைக்க வேண்டும். சுற்றிலுள்ள மின்னேட்டத்தை அம்மீட்டர் காட்டும். *R*ன் இரு முனைகளுக்கு இடையேயும் உள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டை வோல்ட் மீட்டர் காட்டும். இவற்றை முறையே *I* ஆம்பியர், *V* வோல்ட் எனக் குறித்



படம்.9.19

துக்கொண்டு $\frac{V}{i}$ மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும். மாறுமின் தடையைப் பயன்படுத்தி மின் சுற்றிலுள்ள மின்னேட்டத்தை மாற்றி மீண்டும் மீண்டும் சோதனையைச் செய்தால், ஒவ்வொரு முறையும் $\frac{V}{i}$ ன் மதிப்பு ஒன்ருகவே இருக்கக் காணலாம். இது ஓமின் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது. $\frac{V}{i}$ ன் மதிப்பு *R*ன் மின்

தடை ஆனதால் இதனையும் அறிந்துகொள்ள இச்சோதனையைப் பயன்படுத்தலாம். எடுக்கும் அளவுகளை கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்.

எண்	அம்மீட்டர் காட்டும் அளவு i ஆம்பியர்	வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவு V வோல்ட்	$\frac{V}{i} = R$ ஓம்
		சராசரி	

கடைசி பத்தியின் சராசரி மதிப்பு மின்தடையைக் கொடுக்கும்.

குறிப்பு: இவ்வாறு ஒரு கம்பிச்சுருளின் மின்தடையைக் (R) கண்டுபிடித்துவிட்டால், அதன் விட்டத்தை ஒரு திருகு மானியைக்கொண்டு அளந்து அதன் ஆரத்தைக் (r) கணக்கிட்டுக்கொண்டு, அதன் நீளத்தையும் (l) அளந்துகொண்டு, பின்கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அதன் மின்தடை எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

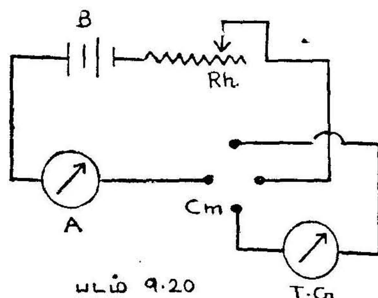
$$s = \frac{R.\pi r^2}{l} \text{ ஓம்/கன செ.மீ.}$$

சோதனை 9·2

அம்மீட்டர், இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டி ஆகியவற்றைக் கொண்டு கிடைச்செறிவைக் கணக்கிடுதல்.

ஒரு மின்கல அடுக்கு (B), மாறுமின்தடை (Rh), ஒரு அம்மீட்டர் (A) ஆகியவற்றை ஒரு இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியுடன் (TG) ஒரு மின்போக்கு மாற்றி (Cm) வழியாகத் தொடர் நிலையில் இணைக்கவேண்டும்.

முன்னரே விவரித்ததுபோல் மின்னோட்டங் காட்டியின் அடிச்சட்டத்தைக் கிடையாகவும், அதனால் கம்பிச்சுருளை செங்குத்தாகவும் இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். பின்னர் கம்பிச் சுருள் காந்த மைவரை வட்டத்தில் இருக்கும்படிச் செய்து



படம் 9.20

விட்டு திசைகாட்டும் பெட்டியை மட்டும் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள் $0^\circ - 0^\circ$ காட்டும்படிச் செய்யவேண்டும். இப்போது மாறுமின்தடையைச் சரிசெய்து அம்மீட்டர் 0·6 ஆம்பியர் காட்டும்படிச் செய்யவேண்டும். இங்கிலையில் மின்னோட்டம் காட்டியின் அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இருமுனைகளும் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். மின்போக்கு மாற்றியைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் காட்டியின் ஊடு மின்னோட்டத்தை எதிர்த்திசையில் பாயச்செய்து குறிமுள் காட்டும் இரு அளவுகளையும் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இந்த நான்கு ஒதுக்கங்களின் சராசரி (θ) வைக் கணக்கிட வேண்டும். சுற்றின் வழிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தை 0·8 1·0, 1·2, 1·4 ஆம்பியர்கள் என மாற்றிச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்யவேண்டும்.

ஒரு நூலின் துணைகொண்டு கம்பிச்சுருளின் சுற்றளவை அளந்து அதிலிருந்து அதன் ஆரத்தைக் (r) கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும். நாம் பயன்படுத்திய கம்பிச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (n) யையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். i ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தின்போது இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியின் ஒதுக்கம் θ ஆனால்,

$$i = \frac{10rH}{2\pi n} \tan\theta$$

எனவே, $H = \frac{2\pi ni}{1\theta r} \frac{1}{\tan\theta}$

இதிலிருந்து புவியின் காந்தப்புலத்தின் கிடைச்செறிவைக் (H) கணக்கிட்டுவிடலாம்.

எடுக்கும் அளவுகளைக் பின்கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்.

பயன்படுத்திய சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, $n =$

கம்பிச்சுருளின் சுற்றளவு, $2\pi r =$

கம்பிச்சுருளின் ஆரம், $r =$

கடைசி பத்தியின் சராசரி மதிப்பு H ஐக் கொடுக்கும்.

மின்னியக்கு விசையும் மின்னழுத்த வேறுபாடும்

ஒரு மின்கலம் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் எதையும் பாய்ச்சாதிருக்கும்போது அதன் இருமுனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடே அதன் மின்னியக்கு விசை எனக் கூறினோம். E வோல்ட்டுகள் மின்னியக்கு விசையுடைய ஒரு மின்கலம் R ஓம் மின்தடையுள்ள ஒரு வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும்போது மின்கலத்தின் உள்ளே யும் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. மின்கலத்தின் உள்ளுள்ளவை இம்மின்னோட்டத்திற்கு ஒரு தடையை ஏற்படுத்தும். இதுவே மின்கலத்தின் உள்தடை (Internal resistance) எனப்படும். எனவே, மின்சுற்றில் இப்போது $R + r$ ஓம் மின்தடை உள்ளது. இதனால் மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் $i = \frac{E}{R + \gamma}$

எனவே, உட்தடையை மீறுவதற்கு $i\gamma = \frac{E\gamma}{R+\gamma}$ வோல்ட்டுகள் தேவை. எனவே, மீதியுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுதான் நமக்குக் கிடைக்கிறது.

எனவே, பயனுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= E - \frac{E\gamma}{R=\gamma}$

$$= \frac{ER}{R+r}$$

வெளி மின்தடை $R = \infty$ ஆனால், இந்த மின்னழுத்த

வேறுபாடு $= \frac{E}{1 + \frac{r}{R}} = E$

எண்	மின்னோட்டம் I ஆம்பியர்	இ. மி. காட்டியில் ஒதுக்கங்கள்					tan θ	H ஈர்ஸ்டெட்
		1	2	3	4	சராசரி θ		
							சராசரி	

எனவேதான் மின்கலம் திறந்த சுற்றில் உள்ளபோது அதன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடே அதன் மின்னியக்கு விசை என்கிறோம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 1·08 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையுடைய ஒரு மின் கலம் 5 ஓம் மின்தடை வழியே மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும் போது அதன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாடு 0·9 வோல்ட் ஆகக் குறைந்தால், அந்த மின்கலத்தின் உட்தடையைக் கணக்கிடு.

பயனுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \frac{ER}{K+r}$ எனவே,

$$0{\cdot}9 = \frac{1{\cdot}08 \times 5}{5+r}$$

அல்லது, $5+r = \frac{1{\cdot}08 \times 5}{0{\cdot}9}$

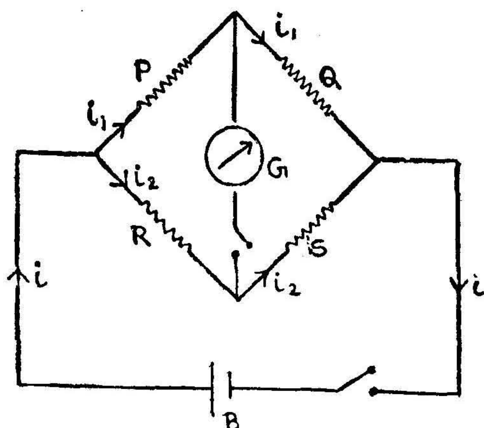
அல்லது, $5+r = 6$

அல்லது, $r = 1$ ஓம்.

வீட்ஸ்டோன் மின்வலை (Wheatstone's bridge)

P, Q, R, S என்ற நான்கு மின்தடைகள் a, b, c, d என்ற ஒரு பின்னலாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன; (படம் 9·21). இதன் இரு எதிர்முனைகளுக்கு (a, c) இடையே ஒரு மின்கலமும் (B) மற்ற இரு எதிர்முனைகளுக்கு (b, d) இடையே ஒரு மின்னோட்டம் காட்டியும் பொருத்திகள் வழியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பொருத்திகளை மூடி மின்னோட்டத்தைப் பாய விட்டால் மின்கலத்திலிருந்து வரும் i மின்னோட்டம் a யில் i_1, i_2 எனப் பிரிந்து முறையே P, R வழியே செல்லும். மின்னோட்டம் காட்டி இல்லாவிடில் இவை அப்படியே முறையே Q, S வழியே சென்று மீண்டும் இணைந்து வரும். ஆனால் மின்னோட்டம் காட்டி இருப்பதால் அதன் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும். அது எந்தத் திசையில் என்பது b, d ஆகியவற்றின் மின்னழுத்தங்களைப் பொறுத்தது. இப்போது, P, Q, R, S ஆகியவற்றை ஏற்றவாறு சரிசெய்து மின்னோட்டம் காட்டி வழியாக மின்னோட்டம் பாயாது செய்துவிட்டோமானால் bஉம் dஉம் ஒரே மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும் என்பதும்,

P வழியேவரும் மின்னோட்டம் (i_1) அப்படியே Q வழியேயும்,



படம் 9.21

R வழியே வருவது (i_2) அப்படியே S வழியே செல்லும் என்பதும் தெளிவு.

இப்போது, b, d ஆகியவை ஒரே மின்னழுத்தங்களில் உள்ளதாலும் a பொதுவானதாலும்,

a, bக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $=$ a, dக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

எனவே, $$i_1 P = i_2 R \longrightarrow (1)$$

இதேபோல,

b,cக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $=$ d, cக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

எனவே. $$i_1 Q = i_2 S \longrightarrow (2)$$

(1) ஐ (2) ஆல் வகுக்க,

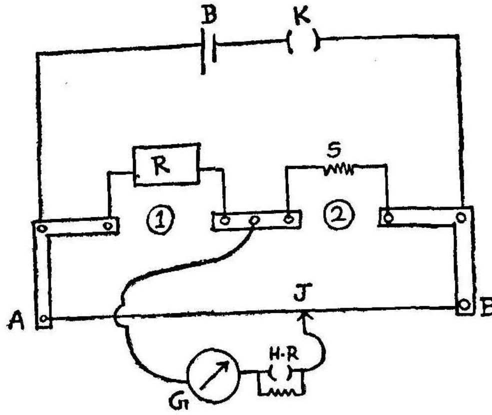
$$\frac{i_1 P}{i_1 Q} = \frac{i_2 R}{{}_2 S}$$

அல்லது, $$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

மின்னோட்டம் காட்டியில் மின்னோட்டம் பாயாதபோது அதாவது, மின்வலை சமநிலைப்படுத்தப்படும்போது அதன் மின்தடைகளுக்குள்ளே உள்ள தொடர்பு இதுதான். எனவே, P, Q, R என்ற மூன்றும் தெரிந்தவையாயிருந்தால், தெரியாத S-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

மீட்டர் மின்வலை

கடத்திகளின் மின்தடையைக் காண்பதற்காக அமைத்தது. இது, வீட்ஸ்டோன் மின்வலை தத்துவத்தில் வேலை செய்கிறது. இது, கான்ஸ்டான்டன் அல்லது மாங்கனின் ஆன ஒரே சீரான, ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய ஒரு மின்தடைக் கம்பியை உடையது. இது, ஒரு மரப்பலகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள தடித்த, L வடிவத்திலுள்ள இரு இணைப்பு முனை



படம் 9.22

களுக்கு (AB) இடையே இழுத்து வைக்கப்பட்டு இருமுனைகளும் A, Bயில் பற்றவைக்கப்பட்டிருக்கும். C என்பது மற்றொரு பித்தளைக்கட்டை. இதனால் இரு இடைவெளிகள் (1), (2) உண்டாகின்றன. இவற்றுள் ஒரு இடைவெளியில் ஒரு தெரிந்த மின்தடை அல்லது மின்தடைப் பெட்டி (R) இணைக்கப்படும்; மற்றொரு இடைவெளியில் கண்டுபிடிக்க வேண்டிய மின்தடை (S) இணைக்கப்படும். A, Bக்கு இடையே ஒரு மின்கலம் (B) ஒரு பொருத்தியின் (K) வழியாக இணைக்கப்படும். Cயுள்ள ஒரு இணைப்பு முனையிலிருந்து ஒரு மின்னோட்

டம் காட்டியும் (G) ஒரு உயர்ந்த மின்தடையும் (HR), ஒரு நழுவு இணைப்பி (J) (Sliding Contact maker or Jockey) யும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த நழுவு இணைப்பை மின்வலையின் கம்பியின்மீது எங்கு வேண்டுமானாலும் தொட்டு இணைப்பை ஏற்படுத்தலாம். கம்பியில் நீளங்களை அளப்பதற்கென ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

நழுவு இணைப்பியை J என்ற இடத்தில் தொடும்படிச் செய்தால் மீட்டர் கம்பியின் AJ பகுதி ஒரு மின்தடை (P) ஆகவும், BJ பகுதி மற்றொரு மின்தடை ஆகவும் (Q) செயல்படுகின்றன. எனவே, இந்த அமைப்பு வீட்ஸ்டோன் மின்வலையின் ஒரு உருவமே.

சோதனை 9·3

மீட்டர் மின்வலையைக்கொண்டு ஒரு கடத்தியின் மின்தடையையும் அதன் மின்தடை எண்ணையும் காணல்.

படம் 9·22ல் காட்டியுள்ளவாறு (1)வது இடைவெளியில் ஒரு மின்தடைப் பெட்டியையும் (2)வது இடைவெளியில் நாம் கண்டுபிடிக்கவேண்டிய மின்தடையையும் இணைக்கவேண்டும். ABக்களுக்கிடையே ஒரு பொருத்தி (K) வழியாக ஒரு லெக்லாஞ்சி மின்கலத்தை இணைக்கவேண்டும். C யிலிருந்து ஒரு மின்னோட்டம் காட்டி (G), ஒரு உயர் மின்தடை (HR) ஆகியவற்றை ஒரு நழுவு இணைப்பி (J) யோடு இணைக்கவேண்டும். இணைப்புகள் யாவும் சரியாக உள்ளனவா என்று பார்ப்பதற்கு, மின்தடைப் பெட்டியில் ஏதேனும் ஒரு மின்தடையை எடுத்துவிட்டு நழுவு இணைப்பியை Aக்கு அருகில் கம்பியின்மீது வைத்து மின்னோட்டம் காட்டியில் குறிமுள் எத்திசையில் நகருகிறது எனப் பார்க்கவேண்டும். பின்னர் Bன் அருகில் வைத்து குறிமுள் அதற்கு எதிர்த்திசையில் செல்கிறதா எனக் கவனிக்கவேண்டும். அவ்வாறு சென்றால் இணைப்புகள் சரி.

இப்போது, ஏற்ற ஒரு மின்தடையை (R) மின்தடைப் பெட்டியில் எடுத்துவிட்டு நழுவு இணைப்பியைக் கம்பியின்மீது நகர்த்தி இந்த நிலையில் மின்னோட்டம் காட்டியில் ஒதுக்கமே இல்லை எனக் காணவேண்டும். இப்போது உயர் மின்தடையை வெட்டிவிட்டால், மின்னோட்டம் காட்டியில் ஏதேனும் சிறு ஒதுக்கம் இருந்தாலும் இருக்கலாம். அவ்வாறானால் நழுவு இணைப்பியை இலேசாக நகர்த்தி மின்னோட்டம் காட்டியில் ஒதுக்கமே இல்லாது செய்யவேண்டும். இந்த நிலையில் $AJ = l_1$

தூரத்தையும் $JB = l_2 = (100 - l_1)$ தூரத்தையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்நிலையில் மின்வலை சமநிலைப்படுத்தப் பெற்றுள்ளதால்,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

ஆனால் P, Q என்பவை இங்கே l_1, l_2 நீளமுடைய மின் வலைக் கம்பியின் மின்தடைகள் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீள மின் வலைக் கம்பியின் மின்தடை r ஆனால், $P = l_1 r$, $Q = l_2 r$. எனவே,

$$\frac{l_1 r}{l_2 r} = \frac{R}{S}$$

அல்லது, $$\frac{l_1}{l_2} = \frac{R}{S}$$

அல்லது, $$S = R\,\frac{l_1}{l_2}$$

R-ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்குச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்த பின்னர், R, S ஆகியவற்றை இடைவெளிகள் ஒன்றுக் கொன்று மாற்றி அமைத்தும் சோதனையைச் செய்ய வேண்டும். இப்போது,

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{S}{R} \text{ ஆனதால்}$$

$$S = R\,\frac{l_1}{l_2}$$

எடுத்த அளவுகளைப் பின்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்த லாம்.

கடைசிப் பத்தியின் சராசரி மதிப்பு தெரியாத மின்தடை யின் மதிப்பை அளிக்கிறது. இப்போது இதன் நீளம் l-ஐ அளந்து கொண்டு, இதன் சராசரி விட்டத்தை ஒரு திருகுமானி யைக் கொண்டு அளந்து, அதிலிருந்து சராசரி ஆரத்தைக் (r) கணக்கிட வேண்டும். இதன் மின்தடை எண் s-ஐ பின்கண்ட வாய்பாட்டால் கணக்கிட்டு விடலாம்.

$$s = \frac{S\pi r^2}{l} \text{ ஓம்/கன செ.மீ.}$$

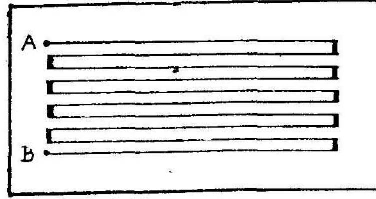
எண்	R ஓம்	l_1 செ. மீ.	l_2 செ. மீ.	S ஓம்
1				
2				
3				
4				
மாற்றியபின்				
5				
6				
7				
8				
			சராசரி	

குறிப்பு ; மின்னோட்டம் காட்டி மிகச்சிறு மின்னோட்டங்களையே தாங்கும் வல்லமை படைத்ததாகையால் அத்துடன் உயர்மின்தடையைப் பயன்படுத்துகிறோம். இப்போது கிடைக்கும் சமநிலைப் புள்ளி அவ்வளவாக சரியாக இருக்காது. எனவே, இந்த நிலையில் உயர்மின் தடையைத் துண்டித்துவிட்டுச் சரியான சமநிலைப் புள்ளியைக் காணலாம். இவ்வாறு முதலில் தோராயமான சமநிலையைக் கண்டுபிடித்து விட்டதால் அப்போது மின்னோட்டம் பாய வழியுண்டு. எனவே அது கெடாது.

மின்னழுத்தமானி (Potentiometer)

மின்னழுத்தங்களை மிகத்திருத்தத்துடன் அளப்பதற்கென வகுக்கப்பட்ட ஒரு கருவி மின்னழுத்தமானியாகும். இது 10 மீட்டர் நீளமுடைய (4,5 மீட்டர்களும் இருக்கலாம்) ஒரே சீரான, கான்ஸ்டான்டன் அல்லது மாங்கனின் போன்ற உயர்தடைக் கம்பியால் ஆனது. இதனை அப்படியே நீட்டி வைத்தால் நீளம் மிகுதியால் தொல்லையாக இருக்குமென இது ஒவ்வொன்றும் ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய பகுதிகளாக மடிக்கப் பெற்று தடித்த உலோகத் துண்டுகளுக்கு இடையே இழுத்து வைத்து பற்றவைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு முனைகளும் (A,B) இரு இணைப்பு முனைகளுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த

அமைப்பு ஒரு மரப்பலகையின்மீது உள்ளது. படம் (9.23). நீள ங்களை அளப்பதற்கென ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் இப்பலகை யில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு நழுவு இணைப்பைக் கொண்டு கம்பியின் எந்தப் பகுதியோடும் இணைப்பு பெறலாம்.

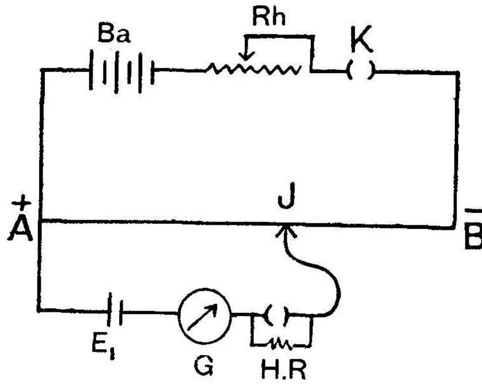


படம் 9-23

சோதனை 9.4

மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடுதல்

படம் 9.24-ல் காட்டியபடி மின்னழுத்தமானியின் கம் பியின் (*AB*) இடையே ஒரு மின்கல அடுக்கையும் (*Ba*), ஒரு மாறு மின்தடையையும் (R*h*), ஒரு பொருத்தியையும் இணைக்க



படம் 9·24

வேண்டும். இது முதல்நிலைச் சுற்று எனப்படும். இப்போது, *A* முனையானது நேர்மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. இதனை மின் கலத்தின் நேர்மின் முனையுடனும், மின்கலத்தின் எதிர்மின்

முனையை ஒரு நழுவு இணைப்புக்கு (J) ஒரு மின்னோட்டம் காட்டி (G), உயர் மின்தடை (HR) ஆகியவற்றின் வழியேயும் இணைக்க வேண்டும். இது இரண்டாம் நிலைச்சுற்று எனப்படும். நழுவு இணைப்பியைக் கம்பியின்மீது J என்ற இடத்தில் ($AJ = l$) அழுந்துவதாகக் கொள்வோம்.

இப்போது, முதல் நிலைச் சுற்றிலுள்ள மின்கல அடுக்கினால் AB–ன் வழியே A–லிருந்து B–க்கு ஒரு மின்னோட்டம் பாயும். இதனை i எனக் கொள்வோம். AJ-க்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உள்ளது. ஒரு செ. மீ. கம்பியின் மின்தடை r ஆனால் இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு $i \times rl$ ஆகும். இதனால் இரண்டாம் நிலைச்சுற்றில் AE, GJ, வழியில் ஒரு மின்னோட்டம் பாயும். ஆனால் இச்சுற்றில் E_1 மின்னியக்கு விசையுடைய ஒரு மின்கலம் உள்ளதால் இது E_1AJG என்ற திசையில் (முந்தையதிற்கு எதிர்த்திசையில்) ஒரு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும். இந்த இரு மின்னோட்டங்களும் சமமாக இருக்குமானால் மின்னோட்டம் காட்டியில் ஒதுக்கம் இருக்காது. முதல் மின்னோட்டம் குறைவானதாயிருந்தால் ஒரு பக்கத்தில் அதிகமாக இருந்தால் எதிர்ப்பக்கத்திலும் இருக்கும். எனவே மின்னோட்டங் காட்டியில் ஒதுக்கம் இல்லாத நிலையில் AJ-ன் நீளம் l, ஆனால் AJ–க்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (irl_1) ஆனது E_1 க்குச் சமம். எனவே,

$$E_1 = ir\ l_1 \longrightarrow (1)$$

எனவே, முதலில் முதல் மின்கலத்தைப் பயன்படுத்தி l_1 நீளத்தைக் கண்டு கொள்ள வேண்டும். பிறகு முதல் நிலைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை மாற்றாமல் அதாவது மாறு மின்தடையை மாற்றாமல் வைத்துக் கொண்டு முதல் மின்கலத்தின் இடத்தில் இரண்டாவது மின்கலத்தை (E_2) வைத்து சமநிலை நீளத்தை ($AJ = l_2$) காணவேண்டும். முன்போல்,

$$E_2 = ir.\ l_2 \longrightarrow (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \longrightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

மாறு மின்தடையை மாற்றி ஒவ்வொரு நிலையிலும் l_1, l_2 க்களை அளந்து $\frac{E_1}{E_2}$ ன் மதிப்புகளைக் கணக்கிட்டு சராசரி

மதிப்பை அறியலாம். எடுக்கும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்ட வாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

எண்	முதல் மின்கலத்திற்கு சமநிலை நீளம் l_1 செ.மீ.	2-வது மின்கலத்திற்கு சமநிலை நீளம் l_2 செ.மீ.	$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$
		சராசரி	

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 2 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையும் 0.5 ஓம் உட்தடை உடைய ஒரு மின்கல அடுக்கி 500 செ. மீ. நீளமும். 8 ஓம் மின்தடையும் உடைய ஒரு மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் ஊடு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சுகிறது. (அ) மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடி. (ஆ) 1.1 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையுடைய ஒருமின்கலத்தைச் சமநிலைப்படுத்தக்கூடிய மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் நீளம் என்ன ?

(அ) மின்னோட்டம், $t = \frac{V}{R+r_1}$

$$= \frac{1}{8+0{\cdot}5} = \frac{2}{8{\cdot}5}$$

$$= 0{\cdot}235 \text{ ஆம்பியர்.}$$

(ஆ) l நீளமுடைய கம்பி 1.1 வோல்ட்டை சமநிலைப் படுத்துமானால், l நீளத்தில் மின்னழுத்த வேறுபாடு 1.1 வோல்ட்.

எனவே, 1.1 = l நீளக் கம்பியின் மின்தடை × மின்னோட்டம்

அல்லது, $$1{\cdot}1 = l \times \frac{8}{500} \times \frac{2}{8{\cdot}5}$$

அல்லது, $$l = \frac{1{\cdot}1 \times 500 \times 8{\cdot}5}{8 \times 2}$$

அல்லது, $l = 292{\cdot}2$ செ.மீ.

(2) ஒரு மின்னோட்டம் காட்டியின் மின்தடை 100 ஓம். இதில் ஒவ்வொரு பிரிவும் $\frac{1}{1000}$ ஆம்பியரைக் குறிக்கும்.

இதனை (அ) ஒவ்வொரு பிரிவுக்கு 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கும் ஒரு அம்மீட்டராக, (ஆ) ஒவ்வொரு பிரிவும் 10 வோல்ட்டைக் குறிக்கும் ஒரு வோல்ட் மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றுவாய்?

(அ) 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் வரும்போது அதில் $\frac{1}{1000}$ ஆம்பியர் மட்டும் G மின் தடையுள்ள மின்னோட்டம் காட்டியின் வழியாகச் செல்லும்படி S மின்தடையுடைய ஒரு மின்தடையை தடம் மாற்றும் மின்தடையாகப் (Shunt) பயன் படுத்த வேண்டும். (படம் 9.18 அ) எனவே,

$$10 - \frac{1}{1000} = \frac{9999}{1000} \text{ ஆம்பியர்}$$

மின்னோட்டம் S வழியாகச் செல்லும்.

Gயும், Sஉம் பக்க இணைப்பாக உள்ளதால் Gன் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு = Sன் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறு பாடு

அல்லது, $$G \times I_g = S \times I_s$$

அல்லது, $$100 \times \frac{1}{1000} = S \times \frac{9999}{1000}$$

அல்லது, $$S = \frac{100}{9999} \text{ ஓம்.}$$

(ஆ) G மின்தடையுள்ள மின்னோட்டம் காட்டியுள்ள R மின்தடையுள்ள உயர் மின்தடை ஒன்றைத் தொடர்நிலையில் இணைத்து இவை இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 10 வோல்ட்டாக இருக்கும்போது மின்னோட்டம் காட்டி வழியாக $\frac{1}{1000}$ ஆம்பியர் போகும்படிச் செய்யவேண்டும். (படம் 9·18–ஆ) எனவே,

$$I_g(G+R) = 10$$

அல்லது, $\frac{1}{1000}(100+R) = 10$

அல்லது, $100 + R = 10000$

அல்லது, $R = 9900$ ஓம்.

மின்சாரத்தின் வெப்ப விளைவு

ஒரு மின்தடையின் ஊடு மின்சாரம் பாயும்போது அது சூடாகும் என்பது நாமறிந்ததே. இதனைப் பயன்படுத்திதான் நாம் எரி ஒளிர்வு மின் விளக்குகளை (Incandescent lamps) அமைக்கிறோம். இதில் ஒரு உயர் மின்தடை உடைய கம்பியின் ஊடு மின்சாரம் பாய அது சூடாகி, பழுக்கக் காய்ந்து ஒளியினை வெளிவிடுகிறது. மின்சாரத்தின் வெப்பவிளைவே மின் அடுப்புகள், மின் உலைகள் (Furnaces), சூட்டுக்கோல், சலவைப் பெட்டி போன்ற எண்ணற்ற நன்மைகளை நமக்கு நல்கியுள்ளது. மின்சாரச் சுற்றுகளில் எதிர்பாராமல் உயர் மின்னோட்டம் பாய்ந்து கேடு விளைவிக்காமல் இருக்கும்பொருட்டு பயன் படுத்தும் உருகிகளும் (Fuse) உயர் மின்னோட்டத்தால் சூடாகி, உருகி, அதனால் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தப் பயன்படுகின்றன. இவ்வாறாக, இதன் பயன்களை அடுக்கிக்கொண்டே போகலாம்.

மின்னோட்டம் பாயும்போது எங்கிருந்து வெப்பம் உண்டாகிறது? மின்தடையின் ஊடு மின்னோட்டம் பாயும் போது வேலை நடைபெறும் என்று பார்த்தோம். இந்த வேலையே வெப்ப ஆற்றலாக மாறி வெளிவருகிறது.

ஒரு மின்தடையின் இரு முனைகளுக்கு இடையே V வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும்போது Q கூலம்பு மின்சாரம் பாய்ந்தால், அப்போது நடைபெறும் வேலை,

$$W = VQ \text{ ஜோல்}$$

எனப்பார்த்தோம். இப்போது, i ஆம்பியர் மின்னோட்டம் t வினாடிகள் பாயுமானால், பாயும் மின்சாரம் $Q = it$ கூலம்பு என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$$W = Vit \text{ ஜோல்.}$$

இந்த வேலை வெப்ப ஆற்றலாக மாறும்போது நமக்குக் கிடைக்கும் வெப்பம்,

$$H = \frac{W}{J} \text{ கலோரிகள்} = \frac{Vit}{J} \text{ கலோரிகள்.}$$

இங்கே, J என்பது வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு (Mechanical equivalent of Heat) ஆகும்.

இப்போது கடத்தியின் மின்தடை R ஆனால்,

$$i = \frac{V}{R} \text{ எனவே,}$$

$$H = \frac{V \frac{V}{R} t}{J}$$

அல்லது $$H = \frac{V^2 t}{RJ} \text{ கலோரிகள்.}$$

அல்லது, $$H = \frac{iR \cdot it}{J}$$

அல்லது, $$H = \frac{t^2 Rt}{J}$$

எனவே, ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும்போது உண்டாகும் வெப்பத்தை,

$$H = \frac{Vit}{J} \longrightarrow (1)$$

$$H = \frac{V^2 t}{RJ} \longrightarrow (2)$$

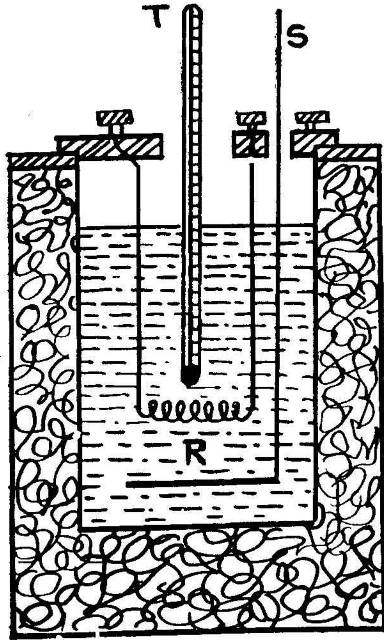
$$H = \frac{i^2 Rt}{J} \longrightarrow (3)$$

என்ற மூன்று சமன்பாடுகளில் ஏதேனும் ஒன்றைக் கொண்டு கணக்கிடலாம். இவற்றுள் மூன்றுவது சமன்பாட்டின் முடிவு கள் மின்சாரத்தின் வெப்ப விளைவிற்கான ஜோலின் விதிகள் (Joule's laws) எனப்படும். அவற்றைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

ஒரு கடத்தியின் வழியாக நிலையான ஒரு மின்னோட்டம் பாய்வதால் தோன்றும் வெப்பம் (1) மின்னோட்டத்தின் இரு படிக்கும் (2) கடத்தியின் மின் தடைக்கும் (3) மின்னோட்டம் பாயும் நேரத்திற்கும் நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

சோதனை 9·5

ஜோலின் கலோரி மீட்டரைக் (Joule's Calorimeter) கொண்டு வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பினைக் காணல்.



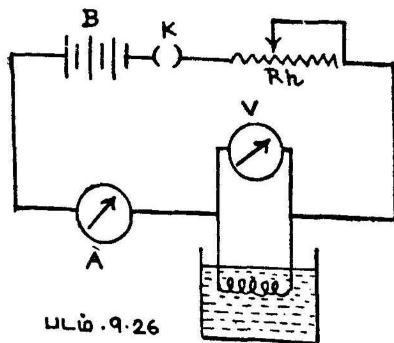
படம் 9·25

ஜோலின் கலோரிமீட்டர் ஒரு சாதாரண கலோரி மீட்டர் தான். இதனுள் மின்தடையுடைய ஒரு கம்பிச் சுருள் (R)

தொங்க விடப்பட்டிருக்கும். இதன் இரு முனைகளும் எபொனைட் அல்லது வேறு ஏதேனும் கடத்தாப் பொருளாலான கலோரி மீட்டர் மூடியிலுள்ள இணைப்பு முனைகளுடன் தடித்த செப்புக் கம்பிகளால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் மூடியிலுள்ள இரு துளைகள் வழியாக ஒரு வெப்பமானியையும் (T), கலக்கியையும் (S) செலுத்தலாம். (படம் 9·25) கலோரிமீட்டர் ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் இருக்கும். இடைவெளி பஞ்சு அல்லது கம்பளி போன்ற கடத்தாப் பொருள்களால் நிரப்பப் பட்டிருக்கும். இதனால் கடத்தல், சலனமுறைக் கடத்தலால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புகள் குறையும். கலோரி மீட்டரைப் பளபளப்பாக்குவதன் வாயிலாகக் கதிர் வீச்சால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புகளைக் குறைக்கலாம்.

படம் 9·26ல் காட்டியுள்ளபடி 6 வோல்ட்டு மின்கல அடுக்கு B, ஒரு பொருத்தி K, ஒரு மாறுமின்தடை (Rh), ஜூலின் கலோரி மீட்டரின் கம்பிச்சுருள், ஒரு அம்மீட்டர் (A) ஆகியவற்றைத் தொடர்நிலையில் இணைக்கவேண்டும். பிறகு, கம்பிச் சுருளின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு வோல்ட் மீட்டர் (V) இணைக்க வேண்டும்.

கலோரி மீட்டரை அதன் கலக்கியுடன் எடையிட்ட பின்னர் அதில் இரு பகுதி அளவு (கம்பிச் சுருள் நன்றாக



படம். 9·26

மூழ்கி இருப்பதற்குப் போதுமான அளவு) நீரை எடுத்துக் கொண்டு மீண்டும் எடை காணவேண்டும். இப்போது, கலோரி மீட்டர் நீரில் கம்பிச் சுருள் நன்றாக அமிழ்ந்திருக்கும்படி வைத்து, பொருத்தியைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்து, மாறு மின்தடையைச் சரிசெய்து அம்மீட்டர் ஒரு ஆம்பியர் காட்டும்படிச் செய்யவேண்டும். இவ்வாறு விரை

வாகச் சரிசெய்துகொண்டு, மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு, கலோரி மீட்டரில் உள்ள நீரை நன்றாகக் கலக்கி அதன் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பிறகு, மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்து, அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தை ஓடவிட வேண்டும். நீரை இலேசாகத் தொடர்ந்து கலக்கிக் கொண்டே இருந்து ஏறத்தாழ 10 அல்லது 15 நிமிடங்களில் (இதற்குள் நீரின் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5° அல்லது 6° உயர்ந்திருக்கும்) மின்னோட்டத்தைக் குறித்துக்கொண்டு, நீர் அடையும் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். சோதனையின் நடுவிலேயே அவ்வப்போது அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துக்கொண்டே வந்து அவற்றின் சராசரி மதிப்புகளையும் காணவேண்டும்.

இப்போது, கீழ்க்கண்டவாறு Jஐக் கணக்கிடலாம்.

கலோரி மீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்

இவற்றின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= \theta_{10}\,C$

இவற்றின் மிக உயர்ந்த இறுதி வெப்பநிலை $= \theta_2{}^\circ\,C$

அம்மீட்டர் காட்டும் சராசரி அளவு $= i$ ஆம்பியர்

வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் சாரசரி அளவு $= V$ வோல்ட்

மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் $= t$ விநாடி

கலோரி மீட்டரின் தெரிந்த வெப்ப எண் $= s$

கலோரி மீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் சம நீர் எடை $= m_1 s$ கிராம்

நீரின் பொருண்மை $= m^2 - m_1$

கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் சம நீர் எடை $= m_1 s + m^2 -_1$ கிராம்

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_2 - \theta_1)\ ^\circ C$

இவை ஈட்டிய வெப்பம் $H = (m_1 s + m_2 - m_1)(\theta_2 - \theta_1)$ கலோரி

மின்னோட்டம் பாய்வதால் நடந்த வேலை $W = Vit$ ஜோல்

எனவே, வெப்ப, பொறியாற்றல் மாற்று

$$\text{மதிப்பு } J = \frac{W}{H}$$

$$\text{அல்லது, } J = \frac{Eit}{(m_1 s + m_2 - m_1)\ (\theta_2 - \theta_1)} \text{ ஜோல் / கலோரி}$$

குறிப்பு: காலாரி மீட்டரைப் பயன்படுத்தும்போதுள்ள வழக்கமான முன்னெச்சரிக்கைகளைக் கையாள வேண்டும்.

மின் திறன் (Electric Power)

ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும்போது Eit ஜோல் வேலை நடைபெறுகிறது எனக் கண்டோம். எனவே, இதற்கென Eit ஜோல் மின் ஆற்றலைச் செலவிட வேண்டும். எனவே, ஒரு விநாடியில் செலவிடும் மின் ஆற்றல் Ei ஜோல் / விநாடி அல்லது Ei வாட். இதுவே அம்மின் சுற்றின் (கடத்தியின்) மின் திறன் எனப்படும்.

எனவே, மின் சுற்றின் மின் திறன்,

$$P = Ei \text{ வாட்.}$$

$$\text{அல்லது} \quad P = \frac{Ei}{100} \text{ கிலோவாட்.}$$

ஒரு மின் சுற்றின் திறன் ஒரு வாட் ஆனால் அச்சுற்றில் ஒரு மணி நேரத்தில் செலவிடும் மின் ஆற்றல் ஒரு வாட்மணி (Watt hour) எனவும், திறன் ஒரு கிலோவாட் ஆனால் ஒரு கிலோ வாட் மணி (Kilo-watt-hour) எனவும் அழைக்கப்பெறும். ஒரு கிலோவாட் மணி எனும் அலகு ஒரு வணிகக்குழு அலகு (Board of Trade Unit) அல்லது சுருக்கமாக ஒரு அலகு மின் ஆற்றல் எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) 200 கிராம் பொருண்மையும் 0·1 வெப்ப எண்ணும் உடைய ஒரு கலோரி மீட்டரில் 280 கிராம் நீர் உள்ளது. இதில் 3·45 ஓம் மின்தடையுள்ள ஒரு கம்பிச்சுருள் அமிழ்த்தப்பெற்று அதன் வழியே 12 நிமிடங்களுக்கு 1·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்ச, வெப்பநிலை 4·5° C உயர்கிறது. வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பைக் கணக்கிடு.

கலோரி மீட்டரின் சம நீர் எடை $= 200 \times 0 \cdot 1 = 20$ கிராம்

கலோரிமீட்டர், நீர் ஆகியவற்றின்
சம நீர் எடை $= 280 + 20$

$= 300$ கிராம்.

இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= 4 \cdot 5°C$

இவற்றின் வெப்ப ஈட்டம் (H) $= 300 \times 4 \cdot 5$ கலோரி.

நடந்த மின் வேலை (W) $= i^2Rt$

$= 1 \cdot 5^2 \times 3 \cdot 45 \times 12 \times 60$ ஜோல்.

எனவே, வெப்ப, பொறி ஆற்றல்

$$\text{மாற்று மதிப்பு, } J = \frac{W}{H}$$

அல்லது, $$J = \frac{1 \cdot 5^2 \times 3 \cdot 45 \times 12 \times 60}{300 \times 4 \cdot 5}$$

அல்லது, $J = 4 \cdot 141$ ஜோல்/கலோரி.

(2) 220 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் வேலை செய்யும் ஒரு மின் அடுப்புக்கு 3 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் தேவைப்படுகிறது. இதில் 30°Cல் உள்ள ஒரு லிட்டர் நீரைக் கொதிக்க வைக்க எவ்வளவு நேரமாகும்? $J = 4 \cdot 12$ ஜோல்/கலோரி.

தேவையான வெப்பம் $H = ms\theta$

$= 1000 \times 1 \times (100 - 30)$

$= 1000 \times 70$ கலோரி.

இதற்கு t வினாடிகள் ஆனால்,
நடைபெறும் மின் வேலை, $W = Vit$

$= 220 \times 3 \times t$ ஜோல்

ஆனால், $$J = \frac{W}{H}$$

எனவே, $$4 \cdot 12 = \frac{220 \times 3 \times t}{1000 \times 70}$$

அல்லது, $$t = \frac{4 \cdot 12 \times 1000 \times 70}{220 \times 3}$$

= 437 விநாடி

= 7 நிமிடம் 17 விநாடி.

(3) ஒரு 100 வாட் மின் விளக்கை 220 வோல்ட் மின் சுற்றில் பயன்படுத்தும்போது அதில் செல்லும் மின்னோட்டம் என்ன? அதன் மின்தடை என்ன? இதனை 1000 மணி நேரம் பயன்படுத்தினால் ஒரு அலகு மின் ஆற்றலுக்கு 30 காசு வீதம் ஆகும் செலவு என்ன?

மின் திறன் $= Ei$

எனவே, $100 = 220 \times i$

அல்லது, $i = \frac{100}{220}$ ஆம்பியர்

$R = \frac{v}{i} = \frac{220}{100} \times 220 =$ 484 ஓம்.

ஒரு மணி நேரத்தில் செலவாகும் மின் ஆற்றல் = 100 வாட் மணி.

$= \frac{100}{1000}$ கிலோ வாட் மணி

1000 மணி நேரத்தில் செலவாகும் மின் ஆற்றல் $= \frac{100}{1000} \times 1000$ கிலோ வாட் மணி

= 100 அலகு.

எனவே, மொத்தச் செலவு $= 100 \times \frac{30}{100}$

= 30 ரூபாய்.

(4) ஒரு வீட்டில் 40 வாட் மின் விளக்குகள் நான்கும், 60 வாட் மின் விளக்குகள் இரண்டும், 100 வாட் மின் விசிறி ஒன்றும், 1000 வாட் அடுப்பு ஒன்றும் உள்ளன. சராசரியாக இவை யாவும் ஒரு நாளுக்கு 5 மணி நேரம் வேலை செய்தால் 30 நாட்கள் கொண்ட மாதத்தில் ஒரு அலகுக்கு 30 காசு வீதம் ஆகும் செலவு என்ன?

மொத்த மின் திறன் $= 40 \times 5 + 60 \times 2 + 100 + 1000$

$= 160 + 120 + 100 + 1000$

$= 1380$ வாட்

$= \frac{1380}{1000}$ கிலோவாட்

ஒரு நாளில் செலவாகும் மின் ஆற்றல் $= \frac{1380}{1000} \times 5$ கிலோவாட் மணி.

ஒரு மாதத்தில் செலவாகும் மின் ஆற்றல் $= \frac{1380}{1000} \times 5 \times 30$ கிலோ வாட் மணி அல்லது அலகு,

ஒரு மாதத்தில் ஆகும் செலவு $= \frac{1380 \times 5 \times 30}{1000} \times \frac{30}{100}$ ரூபாய்.

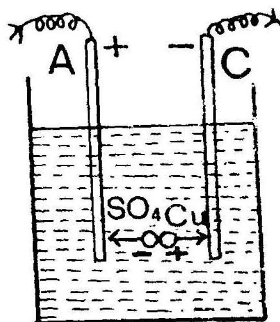
$= 62{\cdot}1$ ரூபாய்.

மின்சாரத்தின் இரசாயன விளைவுகள்

மின் பகுப்பு (Electrolysis)

உலோகக் கடத்திகள் மின்சாரத்தைத் தம் வழியே பாய விடுவதுபோல சில கூட்டுப் பொருள்களின் (Compounds) கரைசல்களும் (Solutions) மின்சாரத்தைச் செலுத்துகின்றன. ஒரு உலோகக் கடத்தியின் ஊடு மின்சாரம் பாயும்போது அதில் வெப்பம் தோன்றும்; சுற்றி காந்தப் புலம் தோன்றும். இவையன்றி அதன் பௌதிக நிலையிலோ இரசாயன அமைப்பிலோ எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் இத்தகைய கரைசல்களின் ஊடு மின்சாரம் பாயும்போது அக்கூட்டுப் பொருள்கள் பகுக்கப்பெறுகின்றன. இவை மின் பகு பொருள்கள் (Electrolytes); காட்டாக மயில்துத்தக் கரைசலை ($CuSO_4$) ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் எடுத்துக் கொண்டு அதில் A, C என்ற இரு செப்புத் தகடுகளை ஒன்றுக்கு ஒன்று இடைவெளி விட்டு அமிழ்த்தி வைத்து அவற்றை ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு மின்னோட்டம் காட்டி ஆகியவற்றுடன் தொடர்நிலையில் இணைத்தால் இச்சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாயக் காணலாம். எனவே, மயில்துத்தக் கரைசல் தன் ஊடு

மின்சாரம் செல்ல விடுகிறது. இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்பதற்கான ஒரு கொள்கையை அர்ஹினியஸ் (Arrhenius) என்பார் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கினர்.



படம் 9·27

ஒரு கரைப்பானில் (Solvent) ஒரு மின்பகு பொருளைக் கரைத்த உடனே அதன் மூலக்கூறுகள் நேர்மின்னேற்றம் உடைய நேர்மின் அயனிகளாகவும் எதிர் மின்னேற்றமுடைய எதிர்மின் அயனிகளாகவும் பகுபடுகின்றன. இப்போது இக்கரைசலில் அமிழ்த்தப்பெற்ற இரு தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்த அவற்றிற்கிடையே ஒரு மின்புலம் உண்டாகிறது. இதனல் இந்த அயனிகள் நகருகின்றன. எதிர்மின் அயனிகள் நேர்மின் தகட்டை நோக்கியும், நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின் தகட்டை நோக்கியும் நகருகின்றன. இவ்வாருக மின்னேற்றங்கள் நகருகின்றன. மின்னேற்றங்களின் ஓட்டமே மின்னேட்டம் அல்லவா?

நாம் முதலில் பார்த்த எடுத்துக்காட்டில், மயில்துத்தக் கரைச்சலில் மயில்துத்த மூலக்கூறுகள் நேர்மின்னேற்றம் உடைய செம்பு அயனிகள் (Copper ions) ஆகவும், எதிர் மின்னேற்றம் உடைய சல்ஃபேட் அயனிகள் (SO_4 ions) ஆகவும், உள்ளன. எனவே, செம்பு அயனிகள் எதிர் மின் தகட்டை (C) நோக்கியும், SO_4 அயனிகள் நேர் மின் தகட்டை (A) நோக்கியும் நகருகின்றன. அங்கே அவைதம் மின்னேற்றங்களைத் தகடுகளுக்குத் தந்துவிடுகின்றன. மின்னேற்றம் இழந்த செம்பு அயனி தகட்டின்மீது படிந்துவிடுகின்றன. SO_4 அயனி தன் மின்னேற்றத்தை இழந்துவிட்டு செப்புத் தகட்டுடன் கலந்து மயில்துத்தமாகி ($CuSO_4$) மீண்டும் கரைசலில் கலந்துவிடுகிறது.

இவ்வாறு மின் பகுப்பு நிகழும் கலம் மின் பகு கலம் (Electrolytic cell) எனவும், அதில் அமிழ்த்தப்பெற்றுள்ள தகடுகள் மின்வாய்கள் (Electrodes) எனவும், அவற்றுள்ளும் மின்கல அடுக்கின் நேர்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நேர்மின்வாய்கள் (Anode) எனவும். எதிர்முனையுடன் இணைக்கப் பட்டது எதிர்மின் வாய் (Cathode) எனவும், நேர் மின் வாயை நோக்கிச் செல்லும் அயனிகள் எதிர்மின் அயனிகள் (Anions) எனவும், எதிர் மின் வாயை நோக்கிச் செல்பவை நேர்மின் அயனிகள் (Catins) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு விதிகள்

பல கரைசல்களைக்கொண்டு முறையான ஆய்வுகளைச் செய்த மைக்கேல் ஃபாரடே என்பார் மின் பகுப்புக்கான கீழ்க் கண்ட விதிகளைத் தந்தார்.

முதல் விதி

ஒரு மின் பகு பொருளின் ஊடு மின்சாரம் பாய்வதால் தோன்றும் அல்லது படியும் ஒரு பொருளின் (அல்லது அயனியின்) பொருண்மை அதன் ஊடு செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

எனவே, i ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் t வினாடிகளில் Q மின்சாரம் ஒரு பகுபொருளின் ஊடு பாய்வதால் m கிராம் பொருள் தோன்றினால்,

$$m \propto Q$$

அல்லது, $$m = eQ.$$

இங்கே e என்பது ஒரு மாறிலி. இது அந்தப் பொருளின் மின்-இரசாயனச் சம எடை (electro-Chemical equivalent) எனப் படும்.

$Q = 1$ கூலம்பு ஆனால் $m = e$. எனவே,

ஒரு பொருளை உள்ளடக்கிய மின் பகு பொருளின் ஊடு ஒரு கூலம்பு மின்சாரம் பாயும்பொழுது அதனால் தோற்றுவிக்கப்படும் அல்லது படியும் அப்பொருளின் பொருண்மையே அதன் மின்-இரசாயனச் சம எடை என வரையறுக்கலாம்.

$m=eQ$ ஆனதால் $e=\frac{m}{Q}$ எனவே, இதன் அலகு கிராம்/கூலம்பு ஆகும்.

மேலும் $Q=it$ ஆனதால்

$$m=eit.$$

இரண்டாம் விதி

ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் பல்வேறு பகுபொருள்களின் ஊடு செல்லும்போது தோற்றுவிக்கப்படும் அல்லது படியும் பொருள்களின் பொருண்மைகள் அவற்றின் இரசாயனச் சம எடைகளுக்கு (equivalent weights) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

எனவே, Q கூலம்பு மின்சாரம் E_1, E_2, E_3 இரசாயனச் சம எடை உள்ள மூன்று பொருள்களை m_1, m_2, m_3 கிராம் அளவுகட்குத் தோற்றுவிக்குமானால், இவ்விதிப்படி,

$$\frac{m_1}{E_1}=\frac{m_2}{E_2}=\frac{m_3}{E_3}$$

ஆனால், e_1, e_2, e_3 ஆகியவை அப்பொருள்களின் மின் இரசாயனச் சம எடைகள் ஆனால்,

$$m_1=e_1Q,\quad m_2=e_2Q,\quad m_3=e_3Q.$$

எனவே,
$$\frac{e_1Q}{E_1}=\frac{e_2Q}{E_2}=\frac{e_3Q}{E_3}$$

அல்லது,
$$\frac{e_1}{E_1}=\frac{e_1}{E_2}=\frac{e_3}{E_3}= \text{ஒரு மாறிலி.}$$

இதிலிருந்து ஒரு பொருளின் மின்-இரசாயனச் சம எடை அதன் இரசாயனச் சம எடைக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளதெனத் தெரிகிறது. இவ்வுண்மையைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையிலிருந்துப் புரிந்துகொள்ளலாம்.

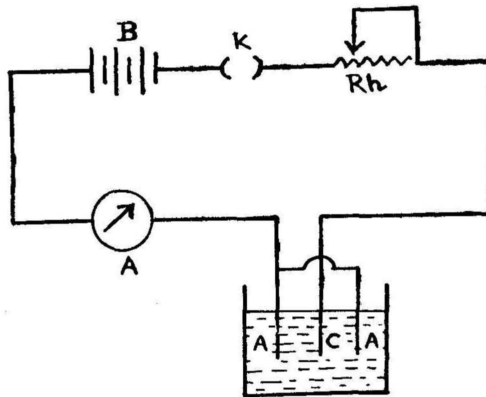
பொருள்	இரசாயனச் சம எடை E	மின் - இரசாயனச் சம எடை e	$\frac{E}{e}$
ஆக்ஸிஜன்	8·000	0·00008285	96560
நீரகம்	1.008	0·00001044	96540
செம்பு	31.790	0·00032950	96470
வெள்ளி	107·880	0·00111830	96470

$\frac{E}{e}$ என்பது ஒரு கிராம் சம எடைப் பொருளைத் தோற்று விப்பதற்கான மின்சாரம் என்பது தெளிவு. எனவே, எந்த ஒரு பொருளுக்கும் ஒரு கிராம் சமஎடைப் பொருளை மின் பகுப்பால் தோற்றுவிக்கத் தேவையான மின்சாரம் ஒரு மாறிலி எனத் தெரிகிறது. இதன் மதிப்பை 96480 கூலம்பு என எடுத்துக்கொள்ளலாம். இது ஒரு ஃபாரடே மின்சாரம் எனப்படும்.

சோதனை 9·6

(அ) செம்பின் மின்–இரசாயனச் சம எடையைக் காணல்.

இதற்கு ஒரு செப்பு மின் பகுக்கலம் (Copper Voltameter) தேவை. இது ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தாலானது. இதில் மயில்துத்தக் கரைசல் எடுத்துக்கொள்ளப் பெற்றிருக்கும். இதில் மூன்று செப்புத் தகடுகள் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதில் நடுத் தகடு தனியான ஒரு இணைப்பு முனையுடனும், மற்ற இரு தகடுகளும் ஒன்றாக ஒரு இணைப்பு முனையுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதில் நடுத் தகட்டை எதிர்மின் வாயாக எடுத்துக்கொண்டால் மின் பகுப்பின்போது அதன் இரு பக்கங்களிலும் செப்பு படியும்.



படம் 9·28

ஒரு மின்கல அடுக்கு (B), ஒரு பொருத்தி (K), ஒரு மாறு மின் தடை (Rh), ஒரு அம்மீட்டர் ஆகியவற்றை ஒரு செப்பு மின் பகு கலத்துடன் தொடர் நிலையில் இணைக்க வேண்டும்.

மின்கல வாயுடன் அதாவது நடுத் துகட்டுடன் இணைக்க வேண்டும் என்பதினை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். இப்போது மின்னோட்டத்தைப் பாயவிட்டு மாறு மின் தடையைச் சரிசெய்து அம்மீட்டர் ஒரு ஆம்பியர் காட்டும்படிச் செய்ய வேண்டும். பிறகு, எதிர் மின் வாயை மட்டிலும் வெளியில் எடுத்து, உப்புத்தாள் கொண்டு நன்றாகத் தேய்த்து தூய்மையாக்கி, நீரில் நன்கு கழுவி, ஈரம் முழுதும் போக உலர்த்தி அதன் பொருண்மையைக் காணவேண்டும். பின்னர், அதனை அதன் பழைய இடத்தில் பொருத்தி, மின்னோட்டத்தைத் துவக்கி, அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தை ஓடவிடவேண்டும். அரைமணி கழித்து மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி, நேரத்தைக்கொண்டு. எதிர்மின் வாயை வெளியில் எடுத்து, நீரில் கவனமாகக் கழுவி (அதில் ஒட்டிக்கொண்டுள்ள செம்பு போய்விடாது கவனமாகக் கழுவி) பிறகு நன்கு உலர்த்தி அதன் பொருண்மையைக் காணவேண்டும். சோதனையின் போது அவ்வப்போது அம்மீட்டர் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்து அதன் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும். இப்போது செம்பின் மின்-இரசாயன சம எடையைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம் :

ஆரம்பத்தில் எதிர் மின்வாயின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்.

இறுதியில் எதிர் மின் வாயின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்.

மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் $= t$ விநாடிகள்

சராசரி மின்னோட்டம் $= i$ ஆம்பியர்.

எதிர் மின் வாயில் படிந்த செம்பின் பொருண்மை $= (m_2 - m_1)$ கிராம்.

எனவே,

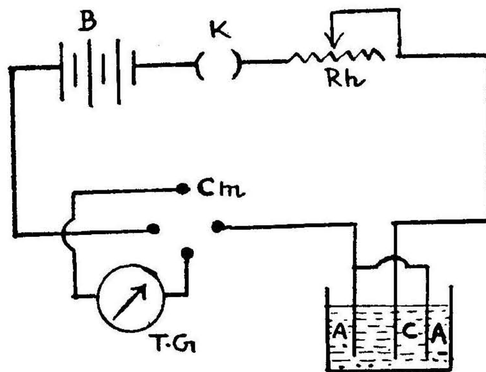
செம்பின் மின்-இரசாயனச் சம எடை $\Big\}\ e = \dfrac{m_2 - m_1}{it}$ கிராம்/கூலம்பு.

(ஆ) இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியின் மாற்றுக்காரணியை (Reduction factor of T-G) செம்பு மின்பகு கலத்தைக்கொண்டு காணல்.

ஒரு மின்கல அடுக்கு (B), ஒரு பொருத்தி (K), ஒரு மாறு மின் தடை (Rh), ஒரு செப்பு மின்கலம் ஆகியவற்றை இடுக்கை

மின்காட்டியுடன் (T-G) ஒரு மின்போக்கு மாற்றி (Cm) வழியாக படம் 9·29ல் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும்.

வழக்கம்போல, இடுக்கை மின்காட்டியின் அடிச்சட்டம் கிடையாக இருக்கும்படியும், வட்ட கம்பிச்சுருள் புவியின்



படம் 9·29

காந்த மைவரை வட்டத்தில் இருக்கும்படியும், திசைகாட்டும் பெட்டியின் அலுமினியக் குறிமுள் O-O காட்டும்படியும் சரி செய்துகொள்ளவேண்டும். இப்போது, மாறுமின்தடையைச் சரிசெய்து இடுக்கை மின்காட்டியில் ஒதுக்கம் 45° இருக்கும் படிச் செய்துவிட்டு, எதிர்மின் வாயை வெளியில் எடுத்து உப்புத்தாளால் தேய்த்து நன்கு தூய்மையாக்கி, கழுவி உலர்த்திவிட்டு அதன் பொருண்மையைக் காணவேண்டும். பின்னர் அதனைப் பழைய நிலையில் வைத்து மின்னோட் டத்தைத் துவக்கி, அதேநேரத்தில் ஒரு நிறுத்தக் கடிகாரத்தை ஓடவிடவேண்டும். 15 நிமிடங்கள் கழித்ததும் விரைந்து மின் போக்கு மாற்றியைத் திருப்பி மின்காட்டியின் ஊடு மின்சாரம் எதிர்த்திசையில் பாயச் செய்யவேண்டும். மற்றபடி சுற்றிய மின்னோட்டத்தின் திசை மாறாது. மீண்டும் 15 நிமிடங்கள் கடந்தபின், மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு, நேரத்தைக் குறித்துக்கொண்டு, எதிர்மின்வாயை எடுத்து, நீரில் கவன மாகக் கழுவி, ஈரம்போக நன்கு உலர்த்தி, அதன் பொருண் மையைக் காண வேண்டும். சோதனையின்போது அவ்வப் போது மின்காட்டியின் குறிமுள்ளின் இருமுனைகள் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துக்கொண்டே வந்து அவற்றின் சராசரி

மதிப்பைக் காணவேண்டும். கீழ்க்கண்டவாறு இடுக்கை மின் காட்டியின் மாற்றுக் காரணியைக் கணக்கிடலாம் :

ஆரம்பத்தில் எதிர்மின்வாயின் பொருண்மை $= m_1$ கிராம்

இறுதியில் எதிர்மின்வாயின் பொருண்மை $= m_2$ கிராம்

எதிர்மின்வாயில் படிந்த செம்பின் பொருண்மை

$= m_2 - m_1$ கிராம்

மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் $= = t$ விநாடி

இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியில் சராசரி

ஒதுக்கம் $= \theta°$

செம்பின் மின்-இரசாயனச் சமஎடை

(தெரிந்தது) $= e$ கிராம்/கூலம்பு

இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியின் மாற்றுக்காரணி K

ஆனால், மின்னோட்டம் $i = K \tan \theta$

எனவே, $m = eit$ ஆனதால்,

$$m - m_1 = e\, K \tan \theta\; t$$

அல்லது,

$$K = \frac{m_2 - m_1}{e.t.\tan\ \theta.}$$

குறிப்பு : மின்னோட்டம் காட்டியின் கம்பிச்சுருளின் ஆரமும் (r), அதன் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையும் தெரிந்தால்,

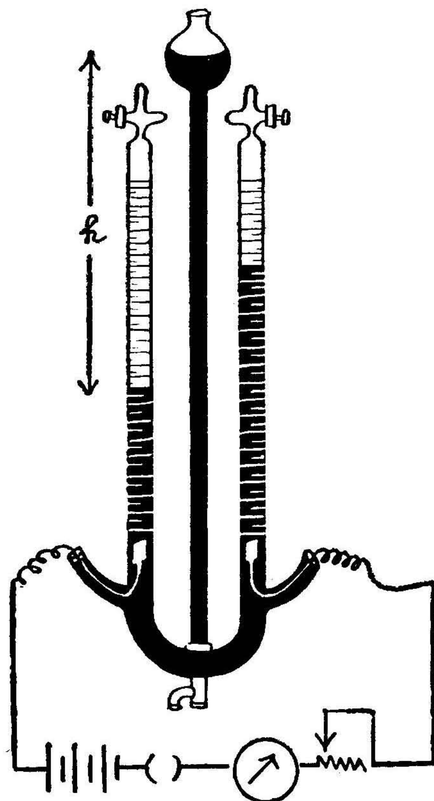
$$K = \frac{10 r H}{2\pi n}$$

என்ற வாய்பாட்டைக்கொண்டு புவியின் கிடைச்செறிவை (H) கணக்கிடலாம்.

(இ) நீரகத்தின் மின்-இரசாயனச் சம எடையைக் காணல்.

இதற்கு ஹாஃப்மன்னுடைய நீர் மின்பகுகலம் (Hoffman's water Voltameter) பயன்படும். இது, நுனியிலிருந்து அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்ட, இரு கண்ணாடிக்குழாய்களை உடையது. இவற்றின் நுனிகளில் குழாய் அடைப்பான்கள் (Stop-Cocks) உள்ளன. இரு குழாய்களும் அடிப்புறத்தில் ஒரு குழா

யால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனுடன் ஒருபக்கக் குழாயும், செங்குத்தாக, இரு குழாய்களுக்கும் நடுவில் வேறொரு குழாயும்



படம் 9·30

இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த நடுக்குழாய் ஒரு நீர்த்தேக்கத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பக்கக்குழாயைக் கொண்டு இதிலுள்ள நீரை வெளியேற்றலாம். இரு குழாய்களிலும் இரு பிளாட்டின மின் வாய்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

ஒரு சொட்டு கந்தக அமிலம் விட்ட நீரால் இதனை நிரப்பி மின்னோட்டத்தைப் பாயவிட்டால் நேர்மின்வாய் உள்ள குழாயின் மேற்பகுதியில் நீரகவாயுவும், மற்றதில் ஆக்ஸிஜனும் சேரும். எந்த ஒரு நேரத்திலும் நீரகத்தின் அளவு ஆக்ஸிஜனைப்போல் இருமடங்கு இருக்கும்.

படம் 9·30-ல் காட்டியபடி நீர் மின்பகுகலத்தை ஒரு மின் கல அடுக்கு B, பொருத்தி (K), அம்மீட்டர் (A) மாறுமின்தடை (Rh) ஆகியவற்றுடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கவேண்டும். நீர்த்தேக்கத்தில் கந்தக அமிலம் விட்ட நீரை ஊற்ற அது இரு குழாய்களிலும் ஏறி நிற்கும். இப்போது மின்னோட்டத்தைப் பாயவிட்டு ஒரு விநாடிக்கு கிட்டத்தட்ட 2 கன செ.மீ. அளவில் நீரகம் சேரக்கூடிய அளவிற்கு மின்னோட்டத்தைச் சரி செய்துகொள்ள வேண்டும். பிறகு, மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு, குழாய்களின் அடைப்பான்களைத் திறந்து இரு குழாய்களும் முழுதும் நீரால் நிரம்பியிருக்கும்படிச் செய்து விட்டு, அடைப்பான்களை மூடிவிட வேண்டும். இப்போது மின்னோட்டத்தை 15 நிமிடங்கள் பாய்ச்சியபின் (அதாவது, குழாயில் பாதிக்குமேல் நீரகத்தால் நிரம்பியிருப்பதற்குப் போதுமான நேரம் பாய்ச்சியபின்) மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி விட்டு பக்கக்குழாயைப் பயன்படுத்தி நீரை வெளியேற்றியும், அதிகமாக வெளியேற்றிவிட்டால் நீரை ஊற்றியும் நடுக்குழாயி லுள்ள நீர்மட்டம் நீரகம் சேர்ந்துள்ள குழாயிலுள்ள நீர் மட்டத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்படிச் செய்யவேண்டும். இப் போது நீரகத்தின் அமுக்கம் வளி அமுக்கத்திற்குச் சமமென் பது தெளிவு. இந்நிலையில் நீரகத்தின் கன அளவைக் குறித் துக்கொள்ளவேண்டும். மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரத்தையும், முன்போல் சராசரி மின்னோட்டத்தையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பாரமானி காட்டும் அளவையும், அறையின் வெப்பநிலையையும் குறித்துக்கொண்டு கீழ்க்கண்டவாறு நீரகத் தின் மின்-இரசாயன சம எடையைக் கணக்கிடலாம்:

தோன்றிய நீரகத்தின் கன அளவு	$= v$ கன செ.மீ.
மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம்	$= t$ விநாடி
சராசரி மின்னோட்டம்	$= i$ ஆம்பியர்
பாரமானி காட்டும் அளவு	$= H$ செ.மீ. பாதரசம்
எனவே, நீரகத்தின் அமுக்கம்	$= H$ செ.மீ. பாதரசம்

ஆனால், நீரகம் நீரின்மீது இருப்பதால் இதன் உண்மையான அமுக்கம் $(H-P)$ செ.மீ. பாதரசம். இங்கே P என்பது அறை யின் வெப்பநிலையில் வளியிலுள்ள நீர் ஆவியின் அமுக்கம். இதனை அட்டவணைகளிலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

அறையின் வெப்பநிலை $= \theta^\circ C$

$= (273 + \theta)^\circ C$

எந்த ஒரு வாயுவிற்கும்,

$$\frac{PoVo}{To} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$ ஆனதால், Vo ஆனது

இயல்பான வெப்பநிலையிலும் அழுக்கத்திலும் நீரகத்தின் கன அளவு ஆனால்,

$$\frac{76 \times Vo}{273} = \frac{(H-p)v}{(273+\theta)}$$

எனவே, $$Vo = \frac{(H-p)}{76} = \frac{273}{273+\theta} = v$$ கன செ. மீ.

இயல்பான வெப்பநிலையிலும் அமுக்கத்திலும் நீரகத்தின் அடர்த்தி 0.000089 கிராம்/கன செ.மீ. ஆனதால், நீரகத்தின் பொருண்மை $m = 0{\cdot}000089\ Vo$ கிராம். எனவே, நீரகத்தின் மின்-இரசாயனச் சமஎடை

$$e = \frac{m}{it}$$ கிராம்/கூலம்பு.

மின்பகுப்பின் தொழிற்துறைப் பயன்கள்

(1) மின் முலாம் பூசுதல்

இரும்பு, பித்தளைப் போன்ற பொருள்களின்மீது காப்பிற்காகவும், அழகிற்காகவும் வேண்டி நிக்கல், குரோமியம், வெள்ளி, தங்கம் போன்றவற்றால் முலாம் பூசலாம். இதற்கு முலாம் பூசப்படவேண்டிய பொருளை எதிர்மின்வாயாகவும், எப்பொருளால் பூசவேண்டுமோ அதனை நேர்மின்வாயாகவும் அமைத்து, தகுந்த ஒரு மின்பகு பொருளைப் பயன்படுத்தி மின்முலாம் பூசலாம். காட்டாக, ஒரு பொருளின் மீது வெள்ளிப்பூச்சு இடவேண்டின் அதனை எதிர்மின்வாயாகவும், வெள்ளித்துண்டு ஒன்றினை நேர்மின்வாயாகவும், வெள்ளி நைட்ரேட்டினை ($Ag\ NO_3$) மின்பகு பொருளாகவும் பயன்படுத்தினால், வெள்ளி நைட்ரேட்டு வெள்ளி அயனிகளாகவும் நைட்ரேட்டு அயனிகளாகவும் பகுபட்டு, வெள்ளி அயனிகள் பொருளின்மீது படியவும், நைட்ரேட்டு அயனிகள் நேர்மின் வாயிலுள்ள வெள்ளியோடு சேர்ந்து வெள்ளி நைட்ரேட் ஆக

வும் செய்யும் வேண்டிய கனத்திற்கு வெள்ளி முலாம் பூசிய வுடன் அதனை வெளியெடுத்து மெருகிட்டுக் கொள்ளலாம். நடைமுறையில், வெள்ளிப் பூச்சிற்கு வெள்ளி, பொட்டாஷியம் ஆகியவற்றின் சையனைடும், தங்க முலாம் பூச, தங்கம், பொட்டாஷியம் ஆகியவற்றின் சையனைடும், நிக்கல் முலாம் பூச நிக்கல் அம்மோனியம் சல்ஃபேட்டும் பயன்படும்.

மின் அச்சு (Electrotyping)

இதுவும், மின்முலாம் பூசுவது போன்றதே. எண்ணற்ற பிரதிகள் அச்சிடவேண்டில், சாதாரண அச்செழுத்துகள் அடிக்கடி பயன்பட்டதால் முனைமழுங்கித் தேய்ந்து போய் உள்ளதால் பயன்படாது. இதற்கு மின் அச்சு முறை பயன் படுகிறது. ஒரு பெரும் பக்கம் முழுவதையும் சாதாரண அச்செழுத்துக்களால் கோத்து, அதை மெழுகுத் தகட்டில் பதித்து பிரதி எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இப்பிரதியின்மீது கிராஃபைத் தூளைத்தூவி மின் கடத்தும் பொருளாக்கி, இதனை எதிர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்தி மின்பகுப்பு முறையால் இதன் பள்ளங்களில் செம்பு படியும்படிச் செய்தால் ஒரு முழுப்பக்கத்தின் அச்சு கிடைக்கும்.

இசைத்தட்டுகள் தயாரிப்பதும் இவ்வகையில்தான்.

சோடியம், பொட்டாஷியம் போன்றவற்றைத் தயாரிக்கும் முறையும், பல உலோகங்களைத் தூய்மைப்படுத்தும் முறையும் மின்பகுப்புதான் என்பதனை இரசாயனப் பகுதியில் படித்திருப்பீர்கள்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 30 நிமிடங்கள் ஒரு செப்பு மின்பகுகலத்தில் பாயும்போது படியும் செம்பின் அளவு என்ன? (செம்பின் மின்-இரசாயன சம எடை = 0·0003295 கிராம்/கூலம்பு.)

$m = eit$ ஆனதால்,

$m = 0{\cdot}0003295 \times 1 \times 30 \times 60$ கிராம்

அல்லது, $m = 0{\cdot}5932$ கிராம்

(2) 200 சதுர செ.மீ. பரப்பளவுள்ள செப்புத்தகட்டின் மீது 0.01 மி.மீ. கனத்திற்கு வெள்ளி முலாம்பூச 1·5 ஆம்பியர்

மின்னோட்டத்தில் எவ்வளவு நேரம் ஆகும்? வெள்ளியின் அடர்த்தி = 10·5 கிராம்/கன செ.மீ. வெள்ளியின் மின்-இரசாயன சமஎடை=0·001118 கிராம்/கூலம்பு.

படிய வேண்டிய வெள்ளியின் கன அளவு

$= 200 \times 0{\cdot}001$ கன செ.மீ.

$= 0{\cdot}2$ கன செ.மீ.

படிய வேண்டிய வெள்ளியின் பொருண்மை

$= 0{\cdot}2 \times 10{\cdot}5$

$= 2{\cdot}1$ கிராம்

$m = eit$ ஆனதால்

$$2{\cdot}1 = 0{\cdot}001118 \times 1{\cdot}5 \times t$$

அல்லது,

$$t = \frac{2{\cdot}1}{0{\cdot}001118 \times 1{\cdot}5}$$

$= 1252$ விநாடிகள்

$= 20$ நிமிடம் 52 விநாடி.

(२) ஒரு இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டியின் சராசரி விட்டம் 15 செ.மீ. இதன் 50 சுற்றுகளை உடைய கம்பிச்சுருள் ஒரு வெள்ளி மின்பகு கலத்துடனும் ஒரு மின்கல அடுக்குடனும் இணைக்கப்படும்போது ஒதுக்கம் 45° ஆக உள்ளது. 30 நிமிடங்களில் 0·185 கிராம் வெள்ளி படிந்தால் மின்னோட்டம் காட்டியின் மாற்றுக்காரணியையும், அந்த இடத்தின் இடைச் செறிவையும் கணக்கிடு. வெள்ளியின் மின்-இரசாயன சம எடை = 0·001118 கிராம்/கூலம்பு.

$m = e\,i\,t$ ஆனதாலும், $i = K \tan\theta$ ஆனதாலும்,

$$m = e\,K \tan\theta\; t$$

அல்லது,

$$K = \frac{m}{e.\tan\theta.t}$$

$$= \frac{0{\cdot}185}{0.001118 \times \tan 45 \times 30 \times 60}$$

$$= 0\,09196$$

மேலும், $K = \frac{10rH}{2\pi n}$ ஆனதால்

$$H = \frac{2\pi nK}{10r}$$

$$= \frac{2\pi \times 50 \times 0 \cdot 09196}{10 \times 7 \cdot 5}$$

$$= \cdot 3851 \text{ ஈர்ஸ்டெட்}$$

(4) ஒரு வெள்ளி மின்பகுகலத்தில் ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 25 நிமிடங்கள் 1·74 கிராம் வெள்ளியைப் படிய வைத்தால் ஆக்ஸிஜனின் மின்-இரசாயனச் சமஎடையைக் கணக்கிடு. வெள்ளி, ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் இரசாயனச் சமஎடைகள் முறையே 107·9, 8 எனக் கொள்.

ஃபாரடேயின் இரண்டாம் விதிப்படி ஒரே அளவு மின்னோட்டம் ஒரே அளவு நேரம் பாயும்போது,

$$\frac{m_1}{E_1} = \frac{m_2}{E_2}$$

எனவே, m_1, m_2 என்பவை வெள்ளி, ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் எடையும், E_1, E_2 அவற்றின் இரசாயனச் சமஎடையும் ஆனால்,

$$\frac{1 \cdot 74}{107 \cdot 9} = \frac{m_2}{8}$$

அல்லது, $m_2 = \frac{1 \cdot 74}{107 \cdot 9} \times 8$ கிராம்.

இந்த அளவு ஆக்ஸிஜன் 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் 25 நிமிடங்களில் தோன்றியது ஆகையால், ஆக்ஸிஜனுடைய மின்-இரசாயனச் சமஎடை e_2 ஆனால்,

$$m_2 = e_2 \, i \, t$$

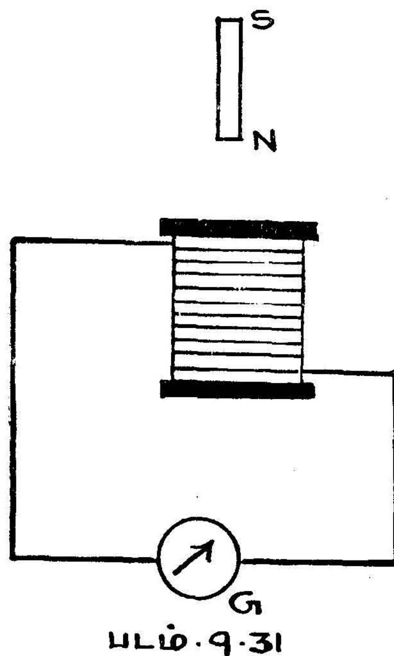
அலலது, $e_2 = \frac{m_2}{it}$

அல்லது, $e_2 = \frac{1 \cdot 74 \times 8}{107 \cdot 9} \times \frac{1}{1 \times 25 \times 60}$

அல்லது, $e_2 = 0 \cdot 00008599$ கிராம்/கூலம்பு.

மின்காந்தத் தூண்டுதல்

ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் அதனைச் சுற்றிலும், அதனுள்ளும் ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகிறது எனவும், மின்னோட்டத்தை அதிகரித்தால் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலமும் அதிகரிக்கிறது எனவும்



படம் 9.31

கண்டோம். ஒரு கம்பிச்சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் புலம் மின்னோட்டம் மாறினால் மாறுகிறது. எனவே, இதன் எதிர்விளைவும் நிகழும் என்று எதிர்பார்க்கலாமல்லவா? அதாவது. ஒரு கம்பிச்சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலம் மாறினால் அச்சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்படும். இது உண்மையேயென 1831-ஆம் ஆண்டில் ஃபாரடே செய்து காட்டினார். அவர் செய்தவற்றுள் ஒரு சிறு சோதனையை மட்டிலும் ஈண்டு காண்போம். பல சுற்றுகள் உடைய ஒரு கம்பிச்சுருளோடு ஒரு மின்னோட்டம் காட்டியை இணைத்து விட்டு ஒரு காந்தக்கட்டையை அதனுள் திடீரென நுழைத்தால் மின்னோட்டம் காட்டியில் ஒரு ஒதுக்கம் ஏற்படக் காணலாம்.

காந்தத்தை உள்ளே வைத்திருந்தால் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதில்லை. இப்போது காந்தக்கட்டையை வெளியே இழுத்தால் மீண்டும் ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு மின்னோட்டம் காட்டி எதிர்த்திசையில் ஒதுங்கும். எனவே, இப்போது மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் தூண்டப்பட்டுள்ளது எனத் தெரிகிறது. காந்தக்கட்டையை முன்னிலும் வேகமாக உள் நுழைத்தாலோ அல்லது வெளியே இழுத்தாலோ ஒதுக்கம் அதிகமாக இருக்கும். அதாவது மின்னோட்டம் மிகுகிறது. காந்தக்கட்டை கம்பிச்சுருளினுள் நுழையும்போது அதனை நெருங்கிவருவதால் அதனுடன் தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலம் மிகுகிறது—மாறுகிறது. எனவே, மின்சாரம், தூண்டப்படுகிறது. வேகமாக நுழைந்தால் காந்தப்புலம் வேகமாக மாறுகிறது. எனவே, மின்னோட்டம் மிகுகிறது. காந்தக்கட்டையை வெளி இழுக்கும்போது காந்தப்புலம் குறைகிறது—மாறுகிறது. எனவே மின்சாரம் தூண்டப்படுகிறது. (காந்தம் அசையாதிருந்தால் புலத்தில் மாறுதலில்லை. எனவே, மின் தூண்டுதல் இல்லை) காந்தக்கட்டையை அசையாமல் வைத்து கம்பிச்சுருளை அசைத்தாலும் இதே விளைவு ஏற்படவேண்டும் என்பது தெளிவு. கம்பிச்சுருளின் பரப்பளவை காந்தப்புலத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பு காந்தப்பாய்வு (magnetic flux) எனப்படும்.

ஃபாரடே தான் கண்ட இம்முடிவுகளைத் தொகுத்து இரு விதிகளாகத் தந்தார். அவையாவன :

(1) ஒரு சுற்றுடன் (Circuit) தொடர்புகொண்ட காந்தப்பாய்வு மாறினால் அச்சுற்றில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். மாறுதல் உள்ளவரையே இம்மின்னியக்கு விசையும் இருக்கும்.

(2) இவ்வாறு தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை காந்தப்பாய்வு மாறும் வீதத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

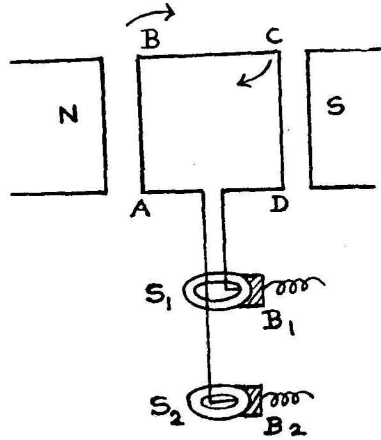
இந்த மின்னியக்கு விசையால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் எத்திசையில் இருக்கும் என்பதினை லென்ஸ் (Lenz) என்பார் கூறினர். அவர் விதிப்படி, இவ்வாறு தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் அதனைத் தூண்டுவதற்குக் காரணமான செயலை எதிர்க்கும் திசையில் இருக்கும்.

தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை எளிதில் கண்டுகொள்ள ஃப்ளெமிங்கின் வலதுகை விதியினைக் (Fleming's left hand rule) கையாளலாம். இவ்விதியாவது :

வலது கையின் கட்டைவிரல், சுட்டுவிரல், நடுவிரல் ஆகியவற்றை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்படி நீட்டி வைத்துக் கொள். இப்போது, சுட்டுவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், கட்டைவிரல் கம்பிச்சுருளின் இயக்க திசையையும் குறிக்குமானல், நடுவிரல் தூண்டு மின்னேட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

இருதிசை மின்னுக்கி (A. C. generator)

மின்சாரத்தைத் தோற்றுவிப்பது மின்னுக்கி. இது மின்-காந்தத் தூண்டுதலின் தத்துவத்தில் வேலை செய்கிறது. ஒரு சிறு இருதிசை மின்னுக்கி படம் 9·32-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9·32

N, S என்பவை ஒரு வலுவான நிலைக் காந்தத்தின் இரு முனைகள். இவற்றுக்கிடையே ஒரு இரும்புச் சலாகையின் (Core) மீது சுற்றப்பட்ட பல சுற்றுகளை உடைய காப்பிடப் பட்ட (Insulated) கம்பிச்சுருள் சுழலுகிறது. இதில் ஒரு சுற்று $ABCD$ மட்டிலும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கம்பிச் சுருளின் இருமுனைகளும் S_1, S_2 என்ற இரு உலோக வளையங் களோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை நழுவு வளையங்கள் (Slip rings) எனப்படும். இவற்றை அழுந்தத் தொட்டுக் கொண்டு B_1, B_2 என்ற இரு கரி புருசுகள் (Carbon Brushes) உள்ளன. இவற்றின் வழியாகத்தான் மின்சாரத்தை எடுத்துக் கொள்கிறோம்.

இரு காந்தமுனைகளுக்கு இடையேயுள்ள காந்தப்புலம் NS திசையில் இருக்கும். கம்பிச்சுருள் கிடையாக உள்ளபோது இதன் ஊடுசெல்லும் காந்தப்பாய்வு (அதாவது காந்தப்புலம் × புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் கம்பிச்சுருளின் பரப்பளவு) இல்லை என்றே சொல்லலாம். ஆனால் கம்பிச்சுருள் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றினால், அது ஒரு நேரம் புலத்திற்கு செங்குத்தாக வரும். இப்போது கம்பிச்சுருளோடு தொடர்பு கொள்ளும் காந்தப்பாய்வு பெருமம். எனவே, கம்பிச்சுருள் சுழற்சியின்போது அதனுடன் தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாய்வு மாறுகிறது. எனவே, மின் தூண்டல் நிகழ்கிறது. கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அவ்வாறே செங்குத்து நிலையிலிருந்து கிடைநிலைக்கு வரும்போது காந்தப் பாய்வு பெருமத்திலிருந்து சுழியாவதால் மின்னோட்டம் தூண்டப்படும். எனவே, தொடர்ந்து கம்பிச்சுருள் சுழல அதில் மின்னியக்கு விசை தோன்றுகிறது.

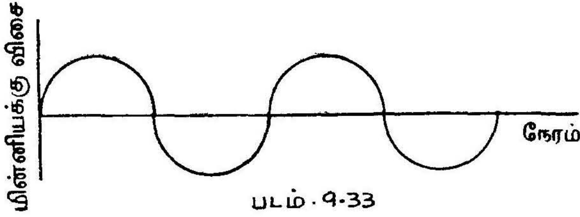
இதனால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தின் திசை எவ்வாறிருக்கும் எனக் காண்போம். படம் 9·32-ல் காட்டியபடி உள்ள நிலையில் கம்பிச்சுருளின் AB பகுதி காகிதத்தின் அடியிலிருந்து மேலுக்கு வருகிறது. எனவே, ஃப்ளமிங் வலதுகை விதிப்படி, மின்னோட்டம் AB திசையில் உள்ளது. அவ்வாறே, CD பகுதி உள்நோக்கிச் செல்வதால் இதில் CD திசையில் உள்ளது. எனவே, மின்னோட்டம் $ABCD$ திசையில் உள்ளது. ஒரு அரைச் சுற்றுக்குப் பின்னர், AB ஆனது CDன் நிலையிலும். CD ஆனது AB நிலையிலும் வருமாதலான் இப்போது மின்னோட்டம் $DCBA$ திசையில் அதாவது முந்தையதிற்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும். எனவே, ஒவ்வொரு சுற்றிற்கும் மின்னோட்டம் திசை மாறுகிறது. எனவே, இதனை இருதிசை மின்னோட்டம் (Alternating Current) என்கிறோம். மின்கல அடுக்கிலிருந்து கிடைப்பது நேர் மின்னோட்டம் (Direct Current).

மேலும் n சுற்றுகளும், A குறுக்களவும் உடைய கம்பிச்சுருள் H ஈர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தில் ω கோண வேகத்தில் சுற்றினால் ஏற்படும் மின் இயக்க விசை E ஆனால்,

$$E = nAH\omega \sin \omega t$$

எனக் காட்டலாம். இதிலிருந்து மின்னியக்கு விசையின் அளவும் மாறிக்கொண்டே உள்ளது என்பதனைக் காணலாம். இதனைப் படம் 9·33 விளக்குகிறது. இதிலிருந்து இம்மின்னியக்கு விசைக்கு ஒரு பெரும் மதிப்பு உள்ளது எனத் தெரி

கிறது. இதுவே உச்ச மின்னியக்க விசை (Peak emf) ஆகும். ஒரு விநாடியில் மின்னோட்டத்தின் திசை எத்தனை தடவை



படம் - 9.33

மாறுகிறதோ அது மின்னோட்டத்தின் அலைவெண் எனப்படும் நாம் வீட்டில் பயன்படுத்தும் மின்னோட்டத்தின் அலைவெண் 50 ஆகும்.

மேலும், மின்னியக்கு விசையின் மதிப்பு, n, A, H, ω ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளதால் இவற்றைப் பெருக்கி உயர்ந்த மின்னியக்கு விசைகளைப் பெறலாம். இதற்குப் பெரிய காந்தங்களும், பெரும் கம்பிச்சுருள்களும் அவற்றைச் சுழலச் செய்ய பெரும் ஆற்றலும் தேவை. நீர் மின்சாரத்தில் மேலி ருந்து விழும் நீரின் ஆற்றலைக்கொண்டு கம்பிச்சுருளைச் சுழலச் செய்கிறோம்; ஆனால் மின்சார நிலையங்களில் எரிபொருள்களை எரித்து உயர் அழுக்கத்தில் நீராவியை உண்டாக்கி அதனால் சுழலச் செய்கிறோம்; அணுமின் நிலையத்தில் அணுக்கரு பிளக்கும்போது தோன்றும் வெப்ப ஆற்றலால் நீராவியை உண்டாக்கி அதனால் சுழலச் செய்கிறோம்.

வினாக்கள்

(1) கடத்திகள், கடத்தாப் பொருள்கள் என்றால் என்ன?

தங்க இலை மின் காட்டியை விவரி. அதைக்கொண்டு மின்னேற்றங்களை எவ்வாறு காண்பாய்?

(2) ஆம்பியர், வோல்ட், கூலம்பு ஆகியவற்றை வரையறு.

ஒரு வட்டக் கம்பிச்சுருளின் மையத்திலுள்ள காந்தப் புலத்தினைக் கண்டுபிடி.

5 சுற்றுகளை உடையதும், 16 செ.மீ. சராசரி விட்டமுடை யதுமான ஒரு கம்பிச்சுருளின் ஊடு 2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம்

பாயும்போது அதன் மையத்தில் எவ்வளவு காந்தப்புலம் இருக்கும் ?

(3) இடுக்கை மின்னேட்டம் காட்டியினை விளக்கு.

அதனைக்கொண்டு புவியின் கிடைச்செறிவை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய் ?

ஒரு இடுக்கை மின்னேட்டம் காட்டியின் 10 செ.மீ. ஆரமுடைய 20 சுற்றுகள் கம்பிச்சுருளின் ஊடு எவ்வளவு மின் சாரத்தைப் பாய்ச்சினல் அதில் 40^0 ஒதுக்கம் உண்டாகும்? ($H = 0{\cdot}38$ ஈர்ஸ்டெட்).

(4) ஒரு இடுக்கை மின்னேட்டம் காட்டியின் ஊடு 1·2 ஆம்பியர் போகும்போது ஒதுக்கம் 30^0, அதில் 45° ஒதுக்கத்தை உண்டாக்கக்கூடிய மின்னேட்டம் யாது ?

(5) இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னேட்டம் காட்டியை விவரித்து அது வேலை செய்யும் வகையை விளக்கு.

கையடக்கமான ஒரு இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னேட்டம் காட்டியை எவ்வாறு ஒரு அம்மீட்டர் அல்லது வோல்ட் மீட்டராக மாற்றுவாய் ?

(6) ஓமின் விதியைக் கூறு. அதனை சரிபார்ப்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

(7) மின் தடை எண் என்றால் என்ன ?

இரு மின் தடைகள் (அ) தொடர்நிலையில் (ஆ) பக்கநிலையில் இணைக்கப்படும்போது அவற்றின் சம மின்தடையைக் கணக்கிடு.

2, 3, 4 ஓம் மின்தடையுள்ள மூன்று கடத்திகள் (அ) தொடர்நிலையில் (ஆ) பக்கநிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் சம மின்தடையைக் கணக்கிடு.

(8) ஒரு மீட்டருக்கு 30 ஓம் தடையுள்ள ஒரு கம்பியின் எவ்வளவு நீளத்தை 1·004 ஓம் மின்தடையுள்ள ஒரு கடத்தியுடன் பக்கநிலையில் இணைத்தால் அதன் சம மின்தடை 1 ஓம் ஆகும்?

(9) இரு மின்தடைகளை தொடர்நிலையில் இணைத்தால் 10 ஓமும், பக்கநிலையில் இணைத்தால் 2·4 ஓமும் சம மின்தடை உள்ளது. அவற்றின் தனி மதிப்புகளைக் கணக்கிடு.

(10) ஒரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 1.1 வோல்ட் அதனை 20 ஓம் மின்தடையுடன் இணைத்தால் அதன் இருமுனை களுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 0.8 வோல்ட் ஆகிறது. அதன் உள்தடையைக் கணக்கிடு.

(11) 12 ஓம் 6 ஓம் மின்தடையுள்ள இருகம்பிகள் பக்க நிலையில் இணைக்கப்பட்டு 1·5 வோல்ட் மின்கலம் ஒன்றுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. மின்கலத்தின் உட்தடை ஒரு ஓம் ஆனால், ஒவ்வொரு கம்பியின் ஊடும் செல்லும் மின்னோட் டத்தைக் கணக்கிடு.

(12) ஒரு பிரிவுக்கு 250 மைக்ரோ ஆம்பியர் காட்டும் ஒரு மின்னோட்டம் காட்டியை (அ) ஒரு பிரிவுக்கு 0·1 ஆம்பியர் காட்டும் அம்மீட்டராக (ஆ) ஒரு பிரிவுக்கு 0·2 வோல்ட் காண்பிக்கும் வோல்ட் மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றுவாய்?

(13) வீட்ஸ்டோன் மின்வலையின் தத்துவத்தை விளக்கு.

ஒரு மீட்டர் மின்வலையைக்கொண்டு ஒரு கடத்தியின் மின் தடையை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்?

(14) ஒரு மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு இரு மின் கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடுவதற்கான சோதனையை விவரி.

(15) ஒரு மின்னழுத்தமானியின் 400 செ.மீ. நீளமும், 6 ஓம் மின்தடையும் உள்ள கம்பி 4 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையும் 2 ஓம் மின் தடையும் உள்ள ஒரு மின்கலத்துடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. (அ) கம்பியின் ஒவ்வொரு செ.மீ-லும் மின் அழுத்த வீழ்ச்சி என்ன? (ஆ) 1·08 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையுடைய டேனியல் மின்கலத்தை சமநிலைப்படுத்தும் கம்பியின் நீளமென்ன?

(16) வெப்ப விளைவிற்கான ஜோல் விதிகளைக்கூறு.

ஜோலின் கலோரி மீட்டரைக்கொண்டு வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பை எவ்வாறு கண்டுபிடிப்பாய்?

220 வோல்ட் மின்சுற்றில் 1·92 ஓம் தடையுள்ள ஒரு மின் அடுப்பைக்கொண்டு 28°Cல் உள்ள ஒரு லிட்டர் நீரை 2 நிமிடத்தில் கொதிக்கவைக்க முடியுமானல் வெப்ப பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பைக் கணக்கிடு.

(17) 4·2 ஓம் தடையுள்ள ஒரு கம்பி 8 கிராம் சம நீர் எடையுள்ள கலோரி மீட்டரில் உள்ள 80 கிராம் திரவத்தில் மூழ்கி உள்ளது. அதன் ஊடு 1 ஆம்பியர் மின்னேட்டம் 4 நிமிடங்கள் பாய வெப்பநிலை 5°C உயருகிறது. திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. $J = 4{\cdot}2 \times 10^7$ எர்கு/கலோரி.

(18) 60 வாட் மின் விளக்கை 220 வோல்ட்டில் பயன் படுத்தும்போது அதில் செல்லும் மின்னேட்டம் என்ன? அதன் தடையாது? அதனை 100 மணி நேரம் பயன்படுத்தினுல் ஒரு அலகு மின் ஆற்றலுக்கு 20 காசு வீதம் ஆகும் செலவு என்ன?

(19) ஒரு இல்லத்தில் 25 வாட் விளக்குகள் நான்கும், 100 வாட் விசிறி ஒன்றும், 500 வாட் அடுப்பு ஒன்றும், 40 வாட் குழாய் விளக்கு ஒன்றும் உள்ளன. இவை சராசரியாக நாளொன்றுக்கு நான்குமணி நேரம் பயன்பட்டால் ஒரு அலகு மின் ஆற்றலுக்கு 25 காசுவீதம் 30 நாள் கொண்ட மாதத்தில் ஆகும் செலவு என்ன?

(20) ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு விதிகளைக்கூறி விளக்கு.

செப்பு மின்பகு கலத்தைக்கொண்டு இடுக்கை மின் ேனாட்டம் காட்டியின் மாற்று விகிதத்தைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரி.

ஒரு இடுக்கை மின்னேட்டம் காட்டி, ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு வெள்ளி மின்பகு கலம் ஆகியவை தொடர் இணைப்பில் உள்ளன. மின்னேட்டம் காட்டியில் ஒதுக்கம் 45° மின்னேட்டம் ஒருமணி நேரம் பாய 0·1052 கிராம் வெள்ளிபடிகிறது. வெள்ளியின் மின்-இரசாயன சம எடை 0·001118 கிராம்/கூலம்பு ஆனல், மின்னேட்டம் காட்டியின் மாற்று விகிதத்தைக் கணக்கிடு.

(21) மின் பகுப்பின் தொழிற் பயன்களைக் கூறு.

250 சதுர செ.மீ. பரப்பளவுள்ள ஒரு உலோகத் தகட்டின் மீது மின் முலாம் பூச 0·75 ஆம்பியர் மின்னேட்டம் 1½ மணி

நேரம் பாய்கிறது. எவ்வளவு கனம் வெள்ளி பாயும்? வெள்ளியின் ஒப்பு அடர்த்தி = 10·5. வெள்ளியின் மின்-இரசாயன சம எடை = 0·001118 கிராம்கூலம்பு.

(22) ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 25 நிமிடத்தில் 1·73 கிராம் வெள்ளியைப் படிய வைத்தால் செம்பின் மின் இரசாயன சம எடையைக் கண்டுபிடி. வெள்ளி, செம்பு ஆகியவற்றின் இரசாயனச் சம எடை முறையே 108, 31·8.

(23) மின் காந்தத் தூண்டுதலை விளக்கு.

இரு திசை மின்னோக்கியை விவரி. அது வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விளக்கு.

கலைச்சொற்கள்

ஆங்கிலம் — தமிழ்

A

Absolute humidity — தனி ஈரப்பதன்
Absolute temperature — தனி வெப்பநிலை
Absolute unit — தனி அலகு
Acceleration — வேக வளர்ச்சி
Acceleration due to gravity — புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி
Accomodation — தக அமைப்பு
A. C. Generator — இருதிசை மின்னோட்ட மின்னாக்கி
Agent — செயலி
Alcohol — சாராயம்
Alloys — கலப்பு உலோகங்கள்
Altimeter — உயரமானி
Amalgamate — ரசக்கலவையிடு
Amber — அம்பர்
Ammeter — அம்மீட்டர்
Ammonium chloride — நவச்சாரம்
Ampere — ஆம்பியர்
Amplitude — வீச்சு
Aneroid barometer — அனிராய்டு பாரமானி

Angle	—	கோணம்
Angle of deviation	—	திசைமாற்றக்கோணம்
Angle of emergence	—	வெளிவரு கோணம்
Angle of incidence	—	படுகோணம்
Angle of minimum deviation	—	சிறும திசைமாற்றக் கோணம்
Angle of reflection	—	திருப்பக்கோணம்
Angle of refraction	—	விலகு கோணம்
Angular displacement	—	கோண இடப்பெயர்ச்சி
Angular velocity	—	கோண வேகம்
Anions	—	நேர்மின் அயனிகள்
Anode	—	நேர்மின் வாய்
Anomalous expansion	—	முரணிய விரிவு
Anticlock wise	—	இடஞ்சுழி
Antinode	—	எதிர்க்கணு
Aqueous humour	—	முன்கண் ரசம்
Astigmatism	—	உருட்சிப்பிழை
Atmosphere	—	வளிமண்டலம்
Atmospheric pressure	—	வளி அழுக்கம்
Axial line	—	அச்சுக்கோடு

B

Bad conductor	—	அரிதில் கடத்தி
Balance, physical	—	தராசு, பௌதிக
Bar magnet	—	காந்தக்கட்டை
Barometer	—	பாரமானி
Aneroid barometer	—	அனிராய்டு பாரமானி
Fortin's barometer	—	ஃபார்டின் பாரமானி
Battery	—	மின்கல அடுக்கு
Beaker	—	முகவை
Beam of light	—	ஒளிக் கற்றை

Convergent beam	—	குவி கற்றை
Divergent beam	—	விரி கற்றை
Parallel beam	—	இணை கற்றை
Bevel	—	சரிவாகச் செய்
Binocular	—	இரு கண்ணோக்கி
Bisector	—	சமவெட்டி
Blind spot	—	குருட்டுப் புள்ளி
Boiling	—	கொதித்தல்
Boiling point	—	கொதிநிலை
Brahma press	—	பிராமா அமுக்கு எந்திரம்
Broad side-on position	—	பக்க நிலை அமைப்பு
Bulb	—	குமிழ்
Buoyancy	—	மிதப்பு விசை

C

Calorie	—	கலோரி
Calorimeter	—	கலோரி மீட்டர்
Calorimetry	—	வெப்ப அளவியல்
Capillary	—	நுண்துளை
Cathode	—	எதிர் மின்வாய்
Cations	—	எதிர் மின் அயனிகள்
Centimetre–gram	—	சென்டிமீட்டர் கிராம்
Centre of buoyancy	—	மிதப்புவிசை மையம்
Centre of Curvature	—	வளைவு மையம்
Centre of gravity	—	ஈர்ப்பு மையம்
Centre of oscillation	—	அலைவு மையம்
Centrifugal force	—	மையம் விட்டோடும் விசை
Centripetal force	—	மையம் நாடும் விசை
Centroid	—	எடை மையம்
Characteristics	—	தற்சிறப்புப் பண்புகள்

Charge — மின்னேற்றம்
Negative charge — எதிர் மின்னேற்றம்
Positive charge — நேர் மின்னேற்றம்
Choroid — விழியடிக் கரும்படலம்
Ciliary muscles — சிலியரைத் தசைகள்
Circular motion — வட்ட இயக்கம்
Clip — கவ்வி
Clock wise — வலஞ்சுழி
Coaxially — ஓரச்சாக
Coefficient of absolute expansion — தனி விரிவுக்கெழு
Coefficient of apparent exponsion — தோற்ற விரிவுக்கெழு
Coefficient of areal expansion — பரப்பு விரிவுக்கெழு
Coefficient of cubical expansion — கன விரிவுக்கெழு
Coefficient of linear expansion — நீள விரிவுக்கெழு
Coefficient of thermal conductivity — வெப்பம் கடத்தும் திறன் கெழு
Collimator — இணையாக்கி
Commutator — மின்போக்கு மாற்றி
Compass box — திசை காட்டும் பெட்டி
Compass needle — திசை காட்டும் ஊசி
Condensation — அடர்த்தி
Conduction — கடத்தல்
Constant — மாறிலி
Convection — நகர்முறைக் கடத்தல்
Converse — மறுதலை
Copper sulphate — மயில் துத்தம்
Cornea — விழி வெண்படலம்
Cosine — கிடக்கை

Coloumb — கூலம்பு

Couple — விசைப்பிணை

Crests — முகடுகள்

Critical angle — மாறுநிலைக் கோணம்

D

Daniel cell — டேனியல் மின்கலம்

Davy's safety lamp — டேவியின் காப்பு விளக்கு

Declination — காந்த விலக்கம்

Deflection — ஒதுக்கம்

Deflection magnetometer — ஒதுக்கக் காந்தமானி

Define — வரையறு

Density — அடர்த்தி

Dew point — பனி நிலை

Dews — பனித்துளிகள்

Diagonal — மூலைவிட்டம்

Diameter — விட்டம்

Diaphragm — இடைத்திரை

Dilute — நீர்த்த

Dioptre — டையாப்டர்

Dip — காந்தச் சாய்வு

Directivity — திசைப் பண்பு

Dispersion — நிறப்பிரிகை

Displacement — இடப்பெயர்ச்சி

Drawing board — வரைபலகை

Dynamics — இயக்கவியல்

Dynamic theory of heat — வெப்பத்தின் இயக்கக் கொள்கை

Dyne — டைன்

E

Ebonite — எபொனைட்டு

Eccentrieally — உறழ் மையமாக
Eclipse — மறைவு
Annular eclipse — வளைய மறைவு
Lunar eclipse — சந்திர மறைவு
  Partical eclipse — அரைகுறை மறைவு
  Solar eclipse — சூரிய மறைவு
  Total eclipse — முழு மறைவு
Efficiency — பயனுறு திறன்
Effort — முயற்சி
Elasticity — மீள் திறன்
Electrical resistance — மின் தடை
Electric cell — மின் கலம்
Electric circuit — மின் சுற்று
Electric current — மின்னோட்டம்
Electricity — மின்சாரம்
Electric potential — மின்னழுத்தம்
Electro-chemical equivalent — மின்—இரசாயனச் சமஎடை
Electrode — மின்வாய்
Electrolysis — மின் பகுப்பு
Electrolyte — மின் பகுபொருள்
Electrolytic cell — மின் பகுகலம்
Electro magnet — மின் காந்தம்
Electromagnetic unit (e.m.u.) — மின் காந்த அலகு(மி.கா.அ.)
Electromotive force — மின்னியக்கு விசை
Electron — எலக்ட்ரான்
Electro plating — மின் முலாம்
End correction — முனைத்திருத்தம்
End-on position — முனைநிலை அமைப்பு
Energy — ஆற்றல்
Equatorial line — நடுக்கோடு

Equilibrant — சமனி
Equilibrium — சமநிலை
  Neutral equilibrium — நடுநிலைச் சமநிலை
  Stable equilibrium — உறுதிச் சமநிலை
  Unstable equilibrium — உறுதியிலாச் சமநிலை
Equilibrium position — அமைதி நிலை
Equivalent resistance — சம மின்தடை
Equivalent weight — இரசாயனச் சமஎடை
Erg — எர்கு
Evaporation — ஆவியாதல்
Eye-piece — கண் பகுதி வில்லை

F

Far point — தொலைப்புள்ளி
Ferromagnetic substance — அயக்காந்தப் பொருள்
Field of view — பார்வைப் புலம்
Fixed point — திட்ட நிலை
Flask — குடுவை
Float — மிதவை
Fusion — உருகுதல்
Fluid — பாய் பொருள்
Focal length — குவி தூரம்
Foot-pound — அடி பவுண்டு
Foot-poundal — அடி பவுண்டல்
Force — விசை
Forced vibrations — வலிந்த அதிர்வுகள்
Fortins barometer — ஃபார்டின் பாரமானி
Fovea centrales — விழிக் குழி
Freezing mixture — உறைக் கலவை
Freezing point — உறை நிலை
Frequency — அலைவெண்

Friction — உராய்வு
Fulcrum — ஆதார நிலை
Fundamental note — அடிப்படைச் சுரம்
Fur — மென் மயிர்

G

Galvanometer — மின்னோட்டம் காட்டி
Gas — வாயு
Gas constant — வாயு எண்
Gas equation — வாயுச் சமன்பாடு
Geographic meridian — பூகோள மைவரை வட்டம்
Gold leaf electroscope — தங்க இலை மின்காட்டி
Good conductor — எளிதில் கடத்தி
Graduate — அளவுக் குறியீடு செய்
Gram-weight — கிராம்—எடை

H

Hare's apparatus — ஹேர் திரவமானி
Harmonics — கிளைச் சுரங்கள்
Homogeneous — ஒருபடித்தான
Horizontal intensity — கிடைச்செறிவு
Horse-power — குதிரைத் திறன்
Humidity — ஈரப்பதன்
Hydrogen — நீரகம்
Hydrometer — திரவமானி
Hydrostatics — நீர்நிலையியல்
Hygrometer — ஈர அளவி
Hygrometry — ஈர அளவியல்
Hyper metropia or long sight — தூரப் பார்வை

I

Image — பிம்பம்

Real image	—	மெய் பிம்பம்
Virtual image	—	மாய பிம்பம்
Inclined plane	—	சாய்தளம்
Inertia	—	சடத்துவம்
Infinity	—	வரம்பிலி
Insulate	—	காப்பிடு
Intensity	—	செறிவு
Internal resistance	—	உட்தடை
Ion	—	அயனி
Iris	—	கருவிழி

J

Joule	—	ஜோல்
Jockey	—	நழுவு இணைப்பி
Jelly	—	பாகு

K

Key	—	பொருத்தி
Killo-watt	—	கிலோவாட்
Kilo-watt hour	—	கிலோவாட் மணி
Kinetic energy	—	இயக்க ஆற்றல்

L

Lactometer	—	பால்மானி
Lateral displacement	—	பக்கவாட்டு இடமாற்றம்
Lateral inversion	—	இடவல மாற்றம்
Latitude	—	அட்சரேகை
Latent heat	—	உள்ளுறை வெப்பம்
Latent heat of fusion	—	உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்
Latent heat of vapourisation	—	ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்

Law of conservation of energy — ஆற்றல் அழியாமை விதி

Law of conservation of momentum — வேகத்திணிவு அழியாமை விதி

Layer — படலம்

Least-count — அதமவளவை

Least distance of distinct vision — தெளிவுப் பார்வையின் சிறும தூரம்

Leclanche cell — லெக்லாஞ்சி மின்கலம்

Lens — வில்லை

Bi concave lens — இருபுறக் குழி வில்லை

Bi convex lens — இருபுறக் குவி வில்லை

Concave lens — குழி வில்லை

Converging lens — குவிக்கும் வில்லை

Convex lens — குவி வில்லை

Diverging lens — விரிக்கும் வில்லை

Plano concave lens — தட்டைக் குழி வில்லை

Plano convex lens — தட்டைக் குவி வில்லை

Lever — நெம்புகோல்

Line of force — விசைக்கோடு

Liquid — திரவம்

Local action — உள்ளிட நிகழ்ச்சி

Longitudinal waves — நெடுக்கு அலைகள்

Loudness — உரப்பு

M

Magnetic axis — காந்த அச்சு

Magnetic field — காந்தப் புலம்

Magnetic induction — காந்தத் தூண்டுதல்

Magnetic meridian — காந்த மைவரை வட்டம்

Magnetic moment — காந்தச் சுழற்று திறன்

Magnetic poles — காந்த முனைகள்

Magnetism — காந்தவியல்
Magnification — உருப்பெருக்கம்
Magnifying power — உருப்பெருக்கும் திறன்
Magnifying glass — உருப்பெருக்கும் கண்ணாடி
Manometer — அழுக்கமானி
Mass — பொருண்மை
Maximum — பெருமம்
Mechanical advantage — எந்திரலாபம்
Mechanical energy — பொறி ஆற்றல்
Mechanical equivalent of heat — வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு
Mediam (of a triangle) — நடுக்கோடு (முக்கோணத்தின்)
Medium — ஊடகம்
Melting point — உருகு நிலை
Meniscus — பிறைத்தலம்
Concave meniscus — குழி பிறை
Convex meniscus — குவி பிறை
Meteorology — வானிலையியல்
Metre bridge — மீட்டர் மின்வலை
Microscope — நுண்ணோக்கி
Compound microscope — கூட்டு நுண்ணோக்கி
Simple microscope — தனி நுண்ணோக்கி
Minimum — சிறுமம்
Mirror — ஆடி
Concave mirror — குழி ஆடி
Convex mirror — குவி ஆடி
Plane mirror — சமதள ஆடி
Moment — சுழற்று திறன்
Momentum — வேகத் திணிவு

Moving coil galvanometer — இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னோட்டம் காட்டி

Musical note — இசைச்சுரம்

Myopia or short sight — கிட்டப்பார்வை

N

Near point — கிட்டப்புள்ளி

Neutral point — நடுநிலைப் புள்ளி

Negative pole — எதிர் மின்முனை

Neutron — நியூட்ரான்

Node — கணு

Noise — இரைச்சல்

Non-conductor — கடத்தாப் பொருள்

Non-luminous bodies — ஒளிராப் பொருள்கள்

Normal acceleration — செங்குத்து வேக வளர்ச்சி

Normal pressure — இயல்பான அழுக்கம்

North poie — வடமுனை

Nucleus — அணுக்கரு

O

Objective — பொருள் பகுதி வில்லை

Oersted — ஈர்ஸ்டெட்

Ohm — ஓம்

Opaque — ஒளிபுகா

Optical bench — ஒளியியல் விசிப்பலகை

Optic centre — ஒளி மையம்

Optic nerve — பார்வை நரம்பு

Origin — ஆதி

Oscillation — அலைவு

Overlap — மீதூர்தல்

Overtones — மேற்சுரங்கள்

Oxidation — ஆக்ஸிஜன் ஏற்றம்

Oxygen — ஆக்ஸிஜன்

P

Parallel connection — பக்க இணைப்பு

Parallel forces — இணை விசைகள்

  Coplanar parallel force — ஒருதள இணைவிசைகள்

  Like parallel forces — ஒத்த இணைவிசைகள்

  Unlike parallel forces — ஒவ்வா இணைவிசைகள்

Particle — துகள்

Penumbra — புறநிழல்

Periodic — காலாந்தர இயக்கம்

Period — அலைவு நேரம்

Permanent magnet — நிலை காந்தம்

Perpendicular — நேர்குத்துக் கோடு

Phase — அதிர்வு நிலை

Phosphor-bronze — பாஸ்பர்–வெங்கலம்

Pinhole camera — ஊசித்துளை ஒளிப்படக் கருவி

Piston — உந்துதண்டு

Pitch — சுருதி

Pitch — புரியிடைத் தூரம்

Plumb line — தூக்குக் குண்டு

Pointer — குறிமுள்

Point of incidence — படு நிலை

Point of suspension — தொங்கு நிலை

Polarisation — முனை கொள்ளல்

Pole — ஆடி மையம்

Pole strength — முனை வலு

Porous pot — நுண்துளைப் பாண்டம்

Positive pole — நேர்மின் முனை

Potential difference — மின்னழுத்த வேறுபாடு

Potential energy	—	நிலை ஆற்றல்
Potentiometer	—	மின்னழுத்தமானி
Poundal	—	பவுண்டல்
Pound weight	—	பவுண்டு எடை
Power	—	திறன்
Power arm	—	திறன் புயம்
Presyopia	—	பார்வை மூப்பு
Pressure	—	அழுக்கம்
Pressure coefficient	—	அழுக்கக் கெழு
Pressure gauge	—	அழுக்கமானி
Principal axis	—	முதன்மை அச்சு
Principal focus	—	முதன்மைக் குவியம்
Prism	—	முப்பட்டகம்
Prograssive waves	—	முன்னேறும் அலைகள்
Proton	—	புரோட்டான்
Pulley	—	கப்பி
Fixed Pulley	—	நிலைக்கப்பி
Movable pulley	—	இயங்கு கப்பி
Pump	—	பம்பு
Common pump	—	சாதாரண பம்பு
Compression pump	—	அழுக்கு பம்பு
Hyvac pump	—	உயர் வெற்றிட பம்பு
Suction pump	—	உறிஞ்சும் பம்பு
Pupil	—	பாவை

Q

Quality	—	பண்பு

R

Radiation	—	கதிர் வீசல்
Radius	—	ஆரம்
Radius of curvature	—	வளைவு ஆரம்

Radius vector — ஆரவெக்டர்
Rarefaction — தளர்த்தி
Ray of light — ஒளிக்கதிர்
emergent ray — வெளிவரு கதிர்
Incident ray — படுகதிர்
reflected ray — திரும்பு கதிர்
refracted ray — விலகு கதிர்
Reaction — எதிர்வினை, எதிர்ச்செயல்
Reduction factor — மாற்றுக் காரணி
Reflection — ஒளித் திருப்பம்
Refraction — ஒளி விலகல்
Refractive index — விலகுவிகிதம்
Relative density — ஒப்பு அடர்த்தி
Relative humidity — ஒப்பு ஈரப்பதன்
Resistance box — மின்தடைப் பெட்டி
Dial type — சுழல் வகை
Plug type — முவகை
Resonance — ஒத்ததிர்வு
Resting point — நிலைத்தானம்
Zero resting point — எடை இரா நிலைத்தானம்
Resultant — தொகுபயன்
Resistance — தடை
Retardation — வேகக் குறைவு
Retentivity — தேக்கி வைப்பாற்றல்
Retina — விழித்திரை
Rheostat — மாறு மின்தடை
Rotor — சுழல் பகுதி

S

Saturated vapour Pressure — நிறை நிலை ஆவி அழுக்கம்
Saturation — நிறை நிலை

Scalar — ஸ்கேலார்
Scale — அளவுத் திட்டம்
Sclerotic — விழி வெளிப்படலம்
Screw gauge — திருகுமானி
Self luminous bodies — தன்னொளிப் பொருள்கள்
Sensibility — நுட்பம்
Sensitive — நுட்பம் வாய்ந்த
Series connection — தொடர் இணைப்பு
Shunt resistance — தடம் மாற்றும் மின்தடை
Simple hormonic motion — எளிய இசை இயக்கம்
Simple machine — தனி எந்திரம்
Simple pendulum — தனி ஊசல்
  Seconds pendulum — வினாடி ஊசல்
Sine — நெடுக்கை
Siphon — வடி குழாய்
Slide calipers — வர்னியர் காலிப்பர்ஸ்
Slip rings — நழுவு வளையங்கள்
Solid — திடப் பொருள்
South pole — தென்முனை
Specific gravity — அடர்த்தி எண்
Specific gravity bottle — அடர்த்திக் குப்பி
Specific heat — வெப்ப எண்
Specific resistance — மின் தடை எண்
Spectrometer — நிறமாலைமானி
Spectrum — நிறமாலை
  Pure spectrum — தூய நிறமாலை
Speed — வேகம்
Spherical mirrors — கோள ஆடிகள்
Spherometer — கோளமானி
Spirit level — குமிழி மட்டம்
Spring — வில்

Square root — இருபடி மூலம்
Stand — தாங்கி
Statics — நிலையியல்
Stationary waves — நிலை அலைகள்
Stator — சுழல் பகுதி
Steam — நீராவி
Steam-trap — நீராவிக் கண்ணி
Stem — தண்டு
Stirror — கலக்கி
Stop-clock — நிறுத்து கடிகாரம்
Sulphuric acid — கந்தக அமிலம்
Susceptibility — காந்த ஏற்புத்திறன்
Suspensory ligaments — தொங்கும் எலும்பிணை நரம்புகள்
Symmetric — சமச்சீருடைய

T

Tangent — தொடு கோடு
Tangent (of an angle) — (ஒரு கோணத்தின்) இடுக்கை
Tangent galvanometer — இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டி
Tangent law — இடுக்கை விதி
Telescope — தொலைநோக்கி
Astronomical telescope — வானியல் தொலைநோக்கி
Tension — இழு விசை
Terminals — இணைப்பு முனைகள்
Thermal capacity — வெப்ப ஏற்புத் திறன்
Thermal conductivity — வெப்பம் கடத்தும் திறன்
Thermameter — வெப்பமானி
Thrust — இறுக்கு விசை

Total internal reflection — முழு உட்திருப்பம்
Trace — சுவடு
Translucent — ஒளிகசியும்
Transparent — ஒளி புகும்
Transverse waves — குறுக்கு அலைகள்
Troughs — அகடுகள்
Tuning fork — இசைக் கவை
Turbine — சுழலி
Turning point — திரும்புதானம்

U

Ultrasonics — மேற்புற ஒலிகள்
Umbra — அக நிழல்
Uniform — சீரான
Unit — அலகு
  Absolute unit — தனி அலகு
  Derived unit — வழி அலகு
  Fundamental unit — அடிப்படை அலகு
  Gravitational unit — ஈர்ப்பு அலகு
  Practical unit — நடை முறை அலகு
U-tube — U-குழாய்

V

Vacuum — வெற்றிடம்
Vapour pressure — ஆவி அழுக்கம்
Velocity — திசை வேகம்
Velocity ratio — திசை வேக விகிதம்
Vernier — வர்னியர்
Vernier calipers — வர்னியர் காலிப்பர்ஸ்
Vertical — செங்குத்துக் கோடு

Vertical intensity — செங்குத்துச் செறிவு
Vibration — அதிர்வு
Vitreous humour — பின் கண் ரசம்
Volt — வோல்ட்
Voltaic cell — வோல்டா மின்கலம்
Volta meter — மின் பகு கலம்
Voltmeter — வோல்ட் மீட்டர்
Volume coefficient — கன அளவுக் கெழு

W

Water equivalent — சம நீர் எடை
Water vapour — நீர் ஆவி
Watt — வாட்
Watt hour — வாட் மணி
Wave length — அலை நீளம்
Wave motion — அலை இயக்கம்
Weight — எடை
Weight arm — எடை புயம்
Wet and dry bulb hygrometer — ஈர, உலர் குமிழ் ஈர அளவி
Wheatstone's bridge — வீட்ஸ்டோன் மின்வலை
Work — வேலை

Y

Yellow spot — மஞ்சட் புள்ளி

Z

Zero error — தொடக்கப் பிழை

தமிழ் - ஆங்கிலம்

அ

அகடுகள் — Troughs

அகநிழல் — Umbra

அட்சரேகை — Latitude

அடர்த்தி — Condensation, Density

அடர்த்தி எண் — Specific gravity

அடர்த்திக் குப்பி — Specific gravity bottle

அடிப்படைச் சுரம் — Fundamental note

அடி பவுண்டல் — Foot poundal

அடி பவுண்டு — Foot pound

அணுக்கரு — Nucleus

அதமவளவை — Least count

அதிர்வு — Vibration

அதிர்வு நிலை — Phase

அம்பர் — Amber

அம்மீட்டர் — Ammeter

அமுக்கக் கெழு — Pressure coefficient

அமுக்கம் — Pressure

அமுக்கமானி — Manometer, Pressure gauge

அமைதி நிலை — Equilibrium position,

அயக்காந்தப் பொருள்கள் — Ferromagnetic Substances

அயனி — Ion

... எதிர்மின் அயனி — Negative ion, Anion

... நேர்மின் அயனி — Positive ion, Cation

அரிதில் கடத்தி — Bad conductor

அலகு — Unit

... அடிப்படை அலகு — Fundamental Unit

... ஈர்ப்பு அலகு — Gravitational unit

... தனி அலகு — Absolute unit

... நடைமுறை அலகு — Practical unit

... வழி அலகு — Derived unit

அலை இயக்கம் — Wave motion

அலை நீளம் — Wave length

அலைவு — Oscillation

அலைவு நேரம் — Period of oscillaticn

அலைவு மையம் — Centre of oscillation

அலைவெண் — Frequency

அளவுக் குறியீடு செய் — Graduate

அளவுத் திட்டம் — Scale

அனிராய்டு பாரமானி — Aneroid barometer

ஆ

ஆக்சிஜன் — Oxygen

ஆக்சிஜன் ஏற்றம் — Oxidation

ஆடி — Mirror

... குழி ஆடி — Concave mirror

... குவி ஆடி — Convex mirror

... சமதள ஆடி — Plane Mirror

ஆடி மையம் — Pole

ஆதாரநிலை — Fulcrum

ஆதி — Origin

ஆம்பியர் — Ampere

ஈர்ஸ்டெட் — Oersted

ஆரம் — Radius
ஆரவெக்டர் — Radius vector
ஆவி அமுக்கம் — Vapour pressure
ஆவியாதல் — Evaporation
ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் — Latent heat of vapourisation
ஆற்றல் — Energy
ஆற்றல் அழியாமை விதி — Law of Consuvation of energy

இ

இசைக்கவை — Tunning fork
இசைச் சுரம் — Musical note
இடஞ்சுழி — Anti clock wise
இடப்பெயர்ச்சி — Displacement
இடவலமாற்றம் — Lateral inversion
இடுக்கை (-ஒரு கோணத்தின்) — Tangent (of an angle)
இடுக்கை மின்னோட்டம் காட்டி — Tangent galvanometer
இடுக்கை விதி — Tangent law
இடைத்திரை — Diaphragm
இணைப்பு முனைகள் — Terminals
இணையாக்கி — Collimator
இணை விசைகள் — Parallel forces
— ஒத்த இணைவிசைகள் — Like parallel force s
— ஒருதள இணைவிசைகள் — Coplanar parallel forces
— ஒவ்வா இணைவிசைகள் — Unlike parallel forces
இயக்க ஆற்றல் — Kinetic energy
இயக்கவியல் — Dynamics
இயங்கும் கம்பிச்சுருள் மின்னோட்டம் காட்டி — Moving coil galvanometer

இயல்பான அமுக்கம் — Normal pressure
இரசாயனச் சமஎடை — Equivalent weight
இரு கண்ணோக்கி — Binocular
இரு திசை மின்னோட்ட மின்னாக்கி — A. C. generator
இருபடி மூலம் — Square root
இரைச்சல் — Noise
இழுவிசை — Tension
இறுக்கு விசை — Thrust

ஈ

ஈர்ப்பு மையம் — Centre of gravity
ஈர அளவி — Hygrometer
ஈர அளவியல் — Hygrometry
ஈர, உலர் குமிழ் ஈர அளவி — Wet and dry bulb hygrometer
ஈரப்பதன் — Humidity
—ஒப்பு ஈரப்பதன் — Relative humidity

உ

உட்டடை — Internal resistance
உந்து தண்டு — Piston
உயரமானி — Altimeter
உரப்பு — Loudness
உராய்வு — Friction
உருகுதல் — Fusion
உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் — Latent heat of fusion
உருகு நிலை — Melting point
உருட்சிப் பிழை — Astigmatism
உருப்பெருக்கம் — Magnification
... உருப்பெருக்கக் கண்ணாடி — Magnifying glass

—உருப்பெருக்கும் திறன்	—	Magnifying power
உள்ளிட நிகழ்ச்சி	—	Local action
உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent heat
—ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent heat of rapourisation
—உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent heat of fusion
—நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent heat of steam
உறழ் மையமாக	—	Ecentrically
உறை கலவை	—	Freezing mixture
உறைநிலை	—	Freezing point

ஊ

ஊசித்துளை ஒளிப்படக் கருவி	—	Pinhole camera
ஊடகம்	—	Medium

எ

எடை	—	Weight
எடை இரா நிலைத்தானம்	—	Zero resting point
எடை புயம்	—	Weight arm
எடை மையம்	—	Centroid
எதிர்ச்செயல்	—	Reaction
எதிர் கணுக்கள்	—	Anti nodes
எதிர்மின் அயனிகள்	—	Anions, Negative ions
எதிர்மின் முனை	—	Negative pole
எதிர்மின் வாய்	—	Cathode
எதிர் வினை	—	Reaction
எந்திரலாபம்	—	Mechanical advantage
எபொனைட்டு	—	Ebonite
எர்கு	—	Erg

எலெக்ட்ரான் — Electron
எளிதில் கடத்தி — Good conductor
எளிய இசை இயக்கம் — Simple harmonic motion

ஒ

ஒத்ததிர்வு — Resonance
ஒதுக்கக் காந்தமானி — Deflection magnetometer
ஒதுக்கம் — Deflection
ஒப்பு அடர்த்தி — Relative density, Specific gravity
ஒப்பு ஈரப்பதன் — Relative Humidity
ஒருபடித்தான — Homogeneous
ஒளிக்கதிர் — Ray of light
—திரும்புகதிர் — Reflected ray
— படுகதிர் — Incident ray
—விலகுகதிர் — Refracted ray
—வெளிவருகதிர் — Emergent ray
ஒளிக் கற்றை — Beam of light
—இணை கற்றை — Parallel beam
—குவி கற்றை — Convergent beam
—விரி கற்றை — Divergent beam
ஒளிகசியும — Translucent
ஒளித்திருப்பம் — Reflection
ஒளிபுகா — Opaque
ஒளிபுகும் — Transparent
ஒளிமையம் — Optic centre
ஒளியியல் விசிப்பலகை — Optical bench
ஒளிராப் பொருள்கள் — Non-luminous bodies
ஒளி விலகல் — Refraction

ஓ

ஓரச்சாக — Coaxially

ஓம் — Ohm

ஃ

ஃபார்டின் பாரமானி — Fortin's barometer

க

கடத்தல் — Conduction
கடத்தாப் பொருள் — Non-Conductor
கண்பகுதி வில்லை — Eye-piece
கணுக்கள் — Nodes
கதிர் வீசல் — Radiation
கந்தக அமிலம் — Sulphuric acid
கப்பி — Pulley
... இயங்குகப்பி — Movable pulley
... நிலைக்கப்பி — Fixed pulley
கருவிழி — Iris
கலக்கி — Stirrer
கலப்பு உலோகம் — Alloy
கலோரி — Calorie
கலோரி மீட்டர் — Calori meter
கவ்வி — Clip
கன அளவுக் கெழு — Volume coefficient
கன விரிவுக் கெழு — Coefficient of cubical expansion

கா

காந்த அச்சு — Magnetic axis
காந்த ஏற்புத்திறன் ... Susceptibility
காந்தக் கட்டை ... Bar magnet
காந்தச் சாய்வு ... Dip
காந்தச் சுழற்றுதிறன் ... Magnetic moment
காந்தத் தூண்டுதல் ... Magnetic induction

காந்தப் புலம் — Magnetic field
காந்த முனைகள் — Magnetic poles
காந்த மைவரை வட்டம் — Magnetic meridian
காந்தவியல் — Magnetism
காந்த விலக்கம் — Declination
காப்பிடு — Insulate
காலாந்தர இயக்கம் — Periodic motion

கி

கிட்டப் பார்வை — Myopia or short sight
கிட்டப் புள்ளி — Near point
கிடக்கை — Cosine
கிடைச் செறிவு — Horizontel intensity
கிராம் எடை — Gram weight
கிலோவாட் — Kilo-watt
கிலோவாட் மணி — Killo-watt hour
கிளைச் சுரங்கள் — Harmonics

கு

குடுவை — Flask
குதிரைத் திறன் — Horse power
குமிழ் — Bulb
குமிழி மட்டம் — Spirit level
குருட்டுப் புள்ளி — Blind spot
குவி தூரம் — Focal length
குவி பிறை — Convex meniscus
குழி பிறை — Concave meniscus
குறி முள் — Pointer
குறுக்கு அலைகள் — Transverse waves

கூ

கூலம்பு — Coulomb

கொ

கொதித்தல்	—	Boiling
கொதிநிலை	—	Boiling point

கோ

கோண இடப்பெயர்ச்சி	—	Angular displacement
கோண வேகம்	—	Angular velocity
கோணம்	—	Angle
... சிறுமதிசை மாற்றக் கோணம்	—	... Angle of minimum deviation
... திசைமாற்றக் கோணம்	—	... Angle of deviation
... திருப்பக் கோணம்	—	Angle of reflection
... படு கோணம்	—	Angle of incidence
... விலகு கோணம்	—	Angle of refraction
... வெளிவரு கோணம்	—	Angle of emergence
கோள ஆடிகள்	—	Spherical mirrors
கோளமானி	—	Spherometer

ச

சடத்துவம்	—	Inertia
சமச்சீருடைய	—	Symmetric
சமநிலை	—	Equilibrium
— உறுதிச்சமநிலை	—	Stable equilibrium
... உறுதியில்லாச் சமநிலை	—	Unstable equilibrium
... நடுநிலைச் சமநிலை	—	Neutral equilibrium
சம நீர் எடை	—	Water equivalent
சம மின்தடை	—	Equivalent resistance
சம வெட்டி	—	Bisector
சமனி	—	Equilibrant

சரிவான	—	Bevelled

சா

சாய்தளம்	—	Inclined plane
சாராயம்	—	Alcohol

சி

சிலியரைத் தசைகள்	—	Ciliary muscles
சிறுமம்	—	Minimum

சீ

சீரான	—	Uniform

சு

சுருதி	—	Pitch
சுவடு	—	Trace
சுழல்பகுதி	—	Rotor
சுழலாப் பகுதி	—	Stator
சுழலி	—	Turbine
சுழற்று திறன்	—	Moment

செ

செங்குத்துக் கோடு	—	Vertical
செங்குத்துச் செறிவு	—	Vertical intensity
செங்குத்து வேக வளர்ச்சி	—	Normal acceleration
செயலி	—	Agent
செறிவு	—	Intensity
சென்டி மீட்டர் கிராம்	—	Centimetre-gram

டே

டேவியின் காப்பு விளக்கு	—	Deavy's safety lamp
டேனியல் மின்கலம்	—	Daniel cell

டை

டையாப்டர் — Dioptre
டைன் — Dyne

த

தக அமைப்பு — Accomodation
தங்க இலை மின்காட்டி — Gold leaf electroscope
தடம் மாற்றும் மின்தடை — Shunt resistance
தடை — Resistance
தண்டு — Stem
தளர்த்தி — Rarefaction
தற்சிறப்புப் பண்புகள் — Characteristics
தன்னொளிப் பொருள் — Self luminous body
தனி அலகு — Absolute unit
தனி எந்திரம் — Simple machine
தனி ஈரப்பதன் — Relative humidity
தனி ஊஞ்சல் — Simple pendulum
—விநாடி ஊசல் — Seconds pendulum
தனி விரிவுக்கெழு — Coeficient of absolute expansion
தனி வெப்பநிலை — Absolute temperature

தா

தாங்கி — Stand

தி

திசை காட்டும் ஊசி — Compass needle
திசை காட்டும் பெட்டி — Compass box
திசைப் பண்பு — Directivity
திசை வேகம் — Velocity
திசை வேக விகிதம் — Velocity ratio

திட்ட நிலைகள் — Fixed points
திடப்பொருள் — Solid
திரவம் — liquid
திரவமானி — Hydrometer
திரும்புதானம் — Turning point
திறன் — Power
திறன் புயம் — Power arm

து

துகள் — Particle

தூ

தூக்குக் குண்டு — Plumb line
தூரப் பார்வை — Hypermetropia or long sight

தெ

தெளிவுப் பார்வையின் சிறுமதூரம் — Least distance of distinct vision
தென் முனை — South pole

தே

தேக்கி வைப்பாற்றல் — Retentivity

தொ

தொகுபயன் — Resultant
தொங்கு நிலை — Point of suspension
தொங்கும் எலும்பிணை நரம்புகள் — Suspensory ligaments
தொடக்கப் பிழை — Zero Resting point
தொடர் இணைப்பு — Series Connection
தொடுகோடு — Tangent

தொலைநோக்கி — Telescope

—வானியல் தொலைநோக்கி — Astronomical telescope

தொலைப்புள்ளி — Far poimt

தோ

தோற்ற விரிவுக் கெழு — Coefficient of apparent expansion

ந

நகர் முறைக் கடத்தல் — Convection

நடுக்கோடு — Equatorial line, Median

நடுநிலைப்புள்ளி — Neutral point

நவச்சாரம் — Ammonium chloride

நழுவு இணைப்பி — Jockey

நழுவு வளையங்கள் — Slip rings

நியூட்ரான் — Neutron

நிலை அலைகள் — Stationary waves

நிலை ஆற்றல் — Potential energy

நிலைக் காந்தம் — Permanent magnet

நிலைத்தானம் — Resting point

நிலையியல் — Statics

நிறப்பிரிகை — Dispersion

நிறமாலை — Spectrum

—தூயநிறமாலை — Pure Spectrum

நிறமாலைமானி — Spectrometer

நிறுத்து கடிகாரம் — Stop clock

நிறை நிலை — Saturation

நிறை நிலை ஆவி அழுக்கம் — Saturated vapour pressure

நீ

நீர் ஆவி — Water vapour

நீர்த்த — Dilute

நீர் நிலையியல் — Hydrostatics

நீரகம் — Hydrogen

நீராவி — Steam

நீராவிக் கண்ணி — Steam trap

நீளவிரிவுக் கெழு — Coefficient of linear expansion

நு

நுட்பம் — Sensibility

நுண்ணோக்கி — Miscroscope

—கூட்டு நுண்ணோக்கி — ...Compound Microscope

—தனி நுண்ணோக்கி — Simple microscope

நுண் துளை — Capillary

நுண் துளைப் பாண்டம் — Porous pot

நெ

நெடுக்கு அலைகள் — Longitudinal waves

நெடுக்கை — Sine

நெம்புகோல் — Lever

நே

நேர்குத்துக் கோடு — Perpendicular

நேர்மின் அயனிகள் — Cations, Positive ions

நேர்மின் முனை — Positive pole

நேர்மின் வாய் — Anode

ப

பக்கம் இணைப்பு — Parallel connection

பக்கநிலை அமைப்பு — Broad side-on position

பக்கவாட்டு இடமாற்றம் — Lateral displacement

படுநிலை — Point of incidence

பண்பு — Quality

பம்பு — Pump

—அமுக்கு பம்பு — ... Compression pump

—உயர்வெற்றிடப் பம்பு — ... Hyvac pump

—உறிஞ்சு பம்பு — Suction pump

—சாதாரண பம்பு — ... Common pump

பயனுறு திறன் — Efficiency

பரப்பு விரிவுக்கெழு — Coefficient of areal or superficial expansion

பவுண்டல் — Poundal

பவுண்டு எடை — Pound weight

பனித்துளிகள் — Dews

பனி நிலை — Dew point

பா

பாகு — Jelly

பாய் பொருள் — Fluid

பார்வை நரம்பு — Optic nerve

பார்வைப் புலம் — Field of view

பார்வை மூப்பு — Presbyopia

பாரமானி — Barometer

— அனிராய்டு — — Aneroid

—பார்டின் — — Fortin

பால்மானி — Lactometer

பாஸ்ஃபர்-வெங்கல் — Phosphor pronz

பி

பிம்பம் — Image

—மாயபிம்பம் — — Virtual mage

—மெய் பிம்பம்	—	— Real image
—பிராமா அமுக்கு எந்திரம்	—	— Brahma press
பிறைத்தலம்	—	Meniscus
பின் கண் ரசம்	—	Vitreous humour

பு

புரியிடைத்தூரம்	—	Pitch
புரோட்டான்	—	Proton
புவிஈர்ப்பின் வேகவளர்ச்சி	—	Acceleration due to gravity
புறநிழல்	—	Penumbra

பூ

பூகோள மைவரை வட்டம்	—	Geographic meridian

பெ

பெருமம்	—	Maximum

பொ

பொருண்மை	—	Mass
பொருத்தி	—	Key
பொருள் பகுதி வில்லை	—	Objective
பொறி ஆற்றல்	—	Mechanical energy
பௌதிகத் தராசு	—	Physical balance

ம

மஞ்சட்புள்ளி	—	Yellow spot
மயில் துத்தம்	—	Copper sulphate
மறுதலை	—	Converse
மறைவு	—	Eclipse
—அரை குறை	—	— Partial

—சந்திர	—	— lunar
—சூரிய	—	— Solar
—முழு	—	— Total
—வளைய	—	—Annular

மா

மாற்றுக்காரணி	—	Reduction factor
மாறிலி	—	Constant
மாறுமின் தடை	—	Rheostat

மி

மிதவை	—	Float
மிதப்பு விசை	—	Buoyancy
மின்–இரசாயனச் சமனடை	—	Electric cell
மின்காந்த அலகு (மி. கா. அ.)	—	Electro magnetic unit (e m u)
மின் காந்தம்	—	Electro magnet
மின்சாரம்	—	Electricity
மின்சுற்று	—	Electric circuit
மின் தடை	—	Electrical resistance
மின்தடை எண்	—	Specific resistance
மின் தடைப் பெட்டி	—	Resistance box
— சுழல்வகை	—	— Dial type
— முளைவகை	—	— Plug type
மின் பகுகலம்	—	Electrolytic cell, Voltameter
மின் பகுப்பு	—	Electrolysis
மின் பகுபொருள்	—	Electrolyte
மின் முலாம் பூசுதல்	—	Electro plating
மின் வாய்	—	Electrode

மின்னழுத்தம் — Electric potential
மின்னழுத்தமானி — Potentiometer
மின்னழுத்த வேறுபாடு — Potential difference
மின்னியக்கு விசை — Electro motive force
மின்னேற்றம் — Charge
 —எதிர் — — Negative
 —நேர் — — Positive
மின்னோட்டம் காட்டி — Galvanometer

மீ

மீட்டர் மின்வலை — Metre bridge
மீதூர்தல் — Overlap
மீள்திறன் — Elasticity

மு

முகடுகள் — Troughs
முகவை — Beaker
முதன்மை அச்சு — Principal axis
முதன்மைக் குவியம் — Principal focus
முப்பட்டகம் — Prism
முரணிய விரிவு — Anomalous expansion
முழு உட்திருப்பம் — Total internal reflection
முன்கண் ரசம் — Aqueous humour
முன்னேறும் அலைகள் — Progressive waves
முனை கொள்ளல் — Polarisation
முனைத்திருத்தம் — End correction
முனைநிலை அமைப்பு — End on position
முனைவலு — Pole strength

மூ

மூலைவிட்டம் — Diagonal

மெ

மென்மயிர் ... Fur

மே

மேற்சுரங்கள் ... Overtones
மேற்புற ஒலிகள் ... Ultrasonics

மை

மையம் நாடும் விசை ... Centripetal force
மையம் விட்டோடும் விசை... Centrifugal force

வ

வட்ட இயக்கம் ... Circular motion
வடமுனை ... North pole
வடிகுழாய் ... Siphon
வர்னியர் ... Vernier
வர்னியர் காலிப்பர்ஸ் ... Vernier calipers
வரம்பிலி ... Infinity
வரைபலகை ... Drawing board
வரையறு ... Define
வலஞ்சுழி ... Clockwise
வலிந்த அதிர்வுகள் ... Forced oscillations
வளி மண்டலம் ... Atmosphere
வளிமண்டல அழுக்கம் ... Atmospheric pressure
வளைவு ஆரம் ... Radius of curvature
வளைவு மையம் ... Centre of curvature

வா

வாட் ... Watt
வாட்மணி ... Watt-hour

வாயு ... Gas
வாயு எண் ... Gas constant
வாயுச் சமன்பாடு ... Gas equation
வானிலையியல் ... Meteorology

வி

விசை ... Force
விசைக்கோடு ... Line of force
விசைப்பிணை ... Couple
விட்டம் ... Diameter
வில் ... Spring
வில்லை ... Lens
—இருபுறக்குவி ... — Bi-Convex
—இருபுறக் குழி ... — Bi-Concave
—குவி ... — Convex
—குழி ... — Concave
—குவிக்கும் ... — Converging
—தட்டைக் குவி ... — Plano Convex
—தட்டைக் குழி ... — Plano Concave
—விரிக்கும் ... — Diverging
விலகு விகிதம் ... Refractive index
விழிக்குழி ... Fovea centralis
விழித்திரை ... Retina
விழியடிக் கரும்படலம் ... Choroid
விழி வெண்படலம் ... Cornea
விழி வெளிப்படலம் ... Sclerotic

வீ

வீச்சு ... Amplitude
வீட்ஸ்டோன் மின்வலை ... Wheatstone's bridge

வெ

வெப்ப அளவியல்	...	Calori metry
வெப்ப எண்	...	Specific heat
வெப்ப ஏற்புத்திறன்	...	Thermal conductivity
வெப்ப இயக்கக் கொள்கை	...	Dynamic theory of heat
வெப்பம் கடத்தும் திறன்	...	Thermal conductivity
வெப்பம் கடத்தும் திறன் கெழு	...	Coefficient of thermal conductivity
வெப்ப, பொறி ஆற்றல் மாற்று மதிப்பு	...	Mechanical equivalent of heat
வெப்பமானி	...	Thermometer
வெற்றிடம்	...	Vacuum

வே

வேகக் குறைவு	...	Retardation
வேகத் திணிவு	...	Momentum
வேகத்திணிவு அழியாமை விதி	...	Law of conservation of momentum
வேகம்	...	Speed
வேக வளர்ச்சி	...	Acceleration
வேலை	...	Work
வோல்ட்	...	Volt
வோல்ட் மீட்டர்	...	Voltmeter
வோல்ட் மின்கலம்	...	Voltaic cell

ர

ரசக்கலவையிடு	...	Amalgamate

லெ

லெக்லாஞ்சி மின்கலம்	...	Lechlanche cell

ஹே

ஹேர் திரவமானி ... Hare's apparatus

ஜோ

ஜோல் ... Joule

ஸ்

ஸ்கேலார் ... Scalar

U

U—குழாய் ... U-tube

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

1971 ஏப்ரல் வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

எண்	நூல்		ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம் —I	...	சி. வேலாயுதம்	6	50
*1-A	,, —II	...	,,	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	...	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	...	,,	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	...	சோணாசலம்	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	...	மு. ஆரோக்கியசாமி	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	...	திருமதி. ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
7.	பொருளாதாரம் ஓர் அறிமுகம்— I	...	தி. சி. மோகன்	12	00
8.	,, —II	...	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீனிவாசன்	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	...	க. முத்தையன்	7	00
*10.	பணவியலும் பாங்கியலும்— I	...	சி. வேலாயுதம்	6	75
*11.	,, —II	...	,,	11	50
12.	நவீன பாங்கு இயல்	...	க. வெற்றிவேல்	5	00
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	...	பி. வி. ஸ்ரீனிவாசன்	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	...	அர. சேஷாசலம்	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்— I	...	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	,, —II	...	எம். ஹார் துநாதன்	4	25
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	...	சி. சுந்தரராஜன்	10	75

*மூலநூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

எண்	நூல்	ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
18.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	கி. சி. இராமசாமி	6	00
20.	,, —II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
24.	,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம் I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, —II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
*30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடையபிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	சு. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்— I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, —II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	50
34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, —II	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்— I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, —II	,,	7	00
39.	வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	க. வெற்றிவேல்	4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசாமி	5	50

41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	சி. சுந்தரராஜன்	7	50
42.	பொருளாதார வளர்ச்சி பற்றிய கட்டுரைகள்	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857—1956)—I	ம. திருநாவுக்கரசு	7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	பு. வி. சீனிவாசன்	6	25

வரலாறு

*45.	பிரிட்டன் வரலாறு— I	கி. ர. அனுமந்தன்	4	50
*46.	,, —II	,,	3	50
*47.	,, —III	,,	7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I	டி. வி. சொக்கப்பா	4	50
*49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றாண்டு காலச் சரித்திரம்	வை. விருத்தகிரீசன்	15	00
50.	இங்கிலாந்து வரலாறு— I	இரா. அண்ணாமலை	13	00
51.	,, — II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
52.	,, —III	என். ஜே. ராஜகோபால்	8	00
53.	,, —IV	,,	8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
55.	,, II	எம். எக்ஸ் மிராண்டா	8	00
56.	,, III	,,	5	00
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	7	50
58.	,, —II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	9	00
59.	,, —III	அ. பாண்டுரங்கன்	11	00
60.	கிரேக்க நாட்டு வரலாறு—I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
61.	,, —II	,,	7	00
62.	—III	பி. இராமாநுஜம் தேவதாஸ்	7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	8	25
64.	,, —II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	7	50

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

எண்	நூல்		ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
65.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—III	...	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50
66.	முகலாயப் பேரரசு—I		ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா	7	50
67.	,, II	...	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	...	வை. விருத்தகிரீசன்	7	50
69.	,, II	...	வை. விருத்தகிரீசன் இரா. அண்ணாமலை,	6	75
70.	,, III	...	இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு	6	50
71.	,, IV	...	பா. மாணிக்கவேலு	7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	....	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன்	6	50
73.	,, —II	...	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	6	75
74.	,, —III	...	ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	6	50
75.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	...	பா. மாணிக்கவேலு	5	00
76.	,, —II	...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00

அரசியல்

எண்	நூல்		ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
77.	அரசியல் அமைப்புகள்	...	ஜே. இராமச்சந்திரன்	4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	...	மோ. கிளாரன்சு, டி.டி. பெலிக்ஸ்	7	50
79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	...	வீ. கண்ணையா	4	75
*80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	...	டி. செல்லப்பா	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	...	திருமதி. நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
83.	,, II	...	,,	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	...	வீ. கண்ணையா	9	00
85.	,, II	...	இ. ஜெகதீசன்	7	25

No.	Title		Author	Rs.	P.
86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	...	வீ. கண்ணையா	... 7	50
87.	,, —II	...	டி. செல்லப்பா	... 7	50
88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	...	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி I	...	வீ. கண்ணையா	... 6	25
90.	,, II	...	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	... 5	75
91.	,, III	...	கி. ர. அனுமந்தன்	... 7	25
*92.	மக்கள் ஆட்சி	...	க. சந்தானம்	... 4	25
93.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்—I	...	என். ஜே. ராஜகோபால்	... 7	75
94.	சமூக அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்	...	கோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	... 7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	...	பா. சூரியநாராயணன்	... 5	75
96.	,, II	...	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, III	...	கி. ர. அனுமந்தன்	... 5	75

உளவியல்

No.	Title		Author	Rs.	P.
98.	குழந்தை உளவியல்—I	...	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	... 8	00
99.	II	...	,,	... 7	00
100.	உட்கவர் மனம்	...	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	... 7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I	...	தி. இரா. அரங்கராசன்	... 12	00
102.	II	...	,,	... 9	00
103.	சமூக உளவியல்	...	என். வேதமணி மானுவேல்	... 9	25
104.	பிறழ்நிலை உளவியல்	...	அ. பெசன்ட் கிரிப்பர்ராஜ்	... 11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம்	...	,,	... 3	00
*106.	குமர உள்ளம்	...	டாக்டர் மு. அறம்	... 6	25
*107.	உளநலவியல்	...	டாக்டர் தா. ஏ. சண்முகம்	... 6	00

*மூலநூல் (Original Book)

தத்துவம்

			ரூ.	பை.
108.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50
*109.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர். ராமானுஜாச்சாரி	3	50
*110	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
111.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
112.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
113.	இந்தியத் தத்துவம்—I	வ. அ. தேவசேனாபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50
114.	,, II	,,	6	00
115.	மெய்ப்பொருளியல்-ஓர் அறிமுகம்—I	சி. இராமலிங்கம்	6	00

அறவியல்

116.	அறவியல்-ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ. காந்தி	8	50

அளவையியல்

117.	அளவையியல் தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50

மானிடவியல்

*118.	மானிடவியல்	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	4	75
119.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	5	50
120.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	எஸ். இலட்சுமி	3	50

சமூகவியல்

121.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	ஜே. நாராயணன்	10	50

புவியியல்

No.	Title		Author		Rs.	P.
122.	ஆசியா—I	...	கொ. சேஷ நரசிம்மன்	...	9	50
123.	,, II		,,	...	8	75
124.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	...	ஏ. எஸ். நாராயணன்	...	8	50
*125.	தென்கிழக்கு ஆசியா	...	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	...	8	50
*126.	வட அமெரிக்கா	...	குமாரி இரா. அலமேலு	...	6	25
*127.	தென் அமெரிக்கா	...	எம். என். பத்மநாபன்	...	9	00
*128.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	...	திருமதி. எச். நியூமன்	...	3	00
*129.	,, —ஆஃப்ரிக்கா	...	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	...	3	25
*130.	புவிப்புறவியல்—II	...	நா. அனந்தபத்மநாபன்	...	6	00
*131.	செய்முறைப் புவியியல்	...	சு. ஜெயச்சந்திரன்	...	5	50
*132.	மக்கட் பரப்பியல்	...	வி. எஸ். அனந்தபத்மனுபன்	...	4	75
*133.	சமுத்திரவியல்	...	கோ. இராமசாமி	...	6	50
134.	காலநிலை இயல்—I	...	கொ. சேஷ நரசிம்மன்	...	10	00
135.	,, II	...	,,	...	5	00
*136.	காலநிலை இயல்—I	...	திருமதி. இராதா	...	10	00
*137.	,, II	...	,,	...	8	00
138.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	...	கோ. இராமசாமி	...	11	00
*139.	புவி அமைப்பு இயல்	...	சி. விஸ்வநாதன்	...	4	75
140.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	...	கோ. இராமசாமி	...	6	00
141.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I	...	எஸ். மாணிக்கம்	...	9	50
142.	,, II	...	எம். கார்த்திகேயன்	...	12	00
143.	,, III	...	சி. எஸ். நரசிம்மன்	...	5	75

*மூலநூல் (Original Book)

புள்ளியியல்

			ரூ.	பை.
*144.	புள்ளியியல் அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	75
145.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	00
146.	II	இராஜகோபாலன்	14	00
147.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50

உயர்கணிதம்

			ரூ.	பை.
*148.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	4	25
*149.	வகை நுண்கணிதம்	,,	3	00
*150.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	3	25

விலங்கியல்

			ரூ.	பை.
*151.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	12	00

பௌதிகவியல்

			ரூ.	பை.
152.	ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	00

விஞ்ஞானம்

			ரூ.	பை.
*153.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*154.	ரேடியோ	டாக்டர் பி. திருஞான சம்பந்தம்	4	75
*155.	எக்ஸ்—கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*156.	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணாமலை	3	50
*157.	தாவரம்-வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*158.	கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00
*159.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	எஸ். சுந்தரம்	6	50

மருத்துவம்

*160.	நீரிழிவு—க்ஷயரோகம்	... டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	... 2	50
161.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	... டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	... 8	25
*162.	பாக்டீரியா	... சு. சுந்தரம்	... 2	50
163.	புற்றுநோய்	... அ. கதிரேசன்	... 3	50
164.	உடலியங்கியல்—I	... டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	... 6	75
165.	,, II	... ,,	... 5	50
166.	என்புருக்கி நோய்	... டாக்டர் அ. கதிரேசன்	... 7	25

பொறியியல்

167.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	... கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	... 8	50

கூட்டுறவு

168.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	... அ. வேல்மணி	... 5	50

சட்டம்

*169.	குற்றவியல் சட்டம் மூல நூல் (Original Book)	... எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	... 10	00

	பொது நூல்கள்		ரூ.	பை.
170.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
171.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
*172.	சேமக் கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*173.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*174.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50
*175.	பள்ளி நிருவாக அமைப்பு—அடிப்படைக் கருத்துகள்	எஸ். சந்தானம், எஸ். ஏ. துரைசிங்	6	25
	புகுமுக (P. U. C.) வகுப்புகளுக்குரியவை			
*176.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	00
*177.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	2	75
*178.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	2	50
*179.	,, II	,,	2	25
*180.	பௌதிகம்	டாக்டர் பி. திருஞான சம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	7	50
*181.	புகுமுக பௌதிகம்	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*182.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	கே. ராஜகோபாலன்	7	00
*183.	,, II	,,	3	00
*184.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	7	00
*185.	,, II	,,	4	50
*186.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	ஆர். மகாதேவன்	4	75
*187.	,, II	,,	3	25
*188.	வேதியியல்	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி	7	00
*189.	புகுமுக வேதியியல்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	5	50
*190.	விலங்கியல்	எஸ். ஆப்ரகாம்	4	00
*191.	புகுமுக விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை	7	25
*192.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	எஸ். சுந்தரம்	4	00

பட்டப் படிப்பிற்குரிய (பி. எஸ்ஸி.) நூல்கள்

(அடக்க விலைப் பதிப்புகள்—கழிவு இல்லை)

பௌதிகம் (Physics)

*193.	எந்திரவியல்—சிறப்புப் பாடம் (Book I) (Mechanics-Major) ...	ஆர். நாகராசன்	... 6	25
*194.	,, (Book II) ...	,,	... 5	50
*195.	வெப்பவியல்—சிறப்புப் பாடம் (Heat-Major) ...	கே. நாச்சிமுத்து	... 5	25
*196.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம் ... (Practical Physics-Major) (Book I) ...	டி. கமலக்கண்ணன், ஆர். கிருட்டிணசாமி	... 4	50
*197.	,, (Book II)	,,	... 3	25
*198.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்-1 (Book I) (Physics-Heat-Ancillary) ...	பி. தங்கராஜன்	... 4	00
*199.	,, (Book II)	,,	... 3	00
*200.	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப் பாடம் ... (Physics-Practical-Ancillary)	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம்	... 4	50
*201,	மின்னியல்-காந்தவியல்—சிறப்புப் பாடம் (Electricity and Magnetism-Major) (BookI) ...	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	... 4	75
*202.	,, (Book II) ...	,,	... 4	50
*203.	,, (Book III) ...	,,	... 4	25
*204.	ஒளியியல்—சிறப்புப் பாடம் ... (Light-Major) ...	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், ,, ஆர். சபேசன்	... 7	75
*205.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம் (பகுதி-2) (Physics-Ancillary) முதல் புத்தகம் ...	கா. வே. சுப்பிரமணியன்	... 6	00
*206.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம் (பகுதி-2) இரண்டாம் புத்தகம் ...	,,	 4	50

மூல நூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
பௌதிகம்—(தொடர்ச்சி)				
*207.	பொது பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம் (General Physics-Major)	கே. பி. கந்தசாமி	4	50
*208.	இன்றைய பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம் (Modern Physics-Major)	எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	75
*209.	ஒலி நூல்—சிறப்புப் பாடம் (Sound-Major)	டி. முருகையன்	5	00
*210.	இயக்கவியல்—சிறப்புப் பாடம் (Dynamics-Major)	ஆர். மகாதேவன், கே. சிவசுப்பிரமணியம், பி. ஆர். சுப்பிரமணியம்	...	
வேதியியல் (Chemistry)				
*211.	செய்முறை கனிம வேதியியல்—துணைப் பாடம் (Practical Inorganic Chemistry-Ancillary)	டாக்டர் முத்துக்குமாரசுவாமி	2	00
*212.	செய்முறை கனிம வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம் (Practical Inorganic Chemistry-Major)	டி. இராமலிங்கம்	2	25
*213.	பௌதிக வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம் (Physical Chemistry-Major) (Book I)	டி. சக்திவேலு	4	00
*214.	,, (Book II)	,,	3	50
*215.	கனிம வேதியியல்—துணைப் பாடம் (Inorganic Chemistry-Ancillary)	சி. ஏ. பத்மநாபன்	6	50
*216.	கனிம வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம் (Inorganic Chemistry-Major) (Book I)	பி. டி. முனியப்பா	4	00
*217.	,, (Book II)	,,	4	25
*218.	பொது பௌதிக வேதியியல் துணைப் பாடம் (General Physical Chemistry-Ancillary)	ஆர். துளசிதாஸ்	4	75

வேதியியல் (தொடர்ச்சி)

No.	Title	Author	Rs.	P.
*219.	அறிமுறை வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம் (Theoretical Chemistry–Major) (Book–I) ...	ஓ. ஆர். சூரியநாராயணன் ...	4	50
*220.	,, (Book–II) ...	,, ...	3	75
*221.	செய்முறைக் கரிம வேதியியல்-சிறப்புப் பாடம் (Practical Organic Chemistry-Major) ...	என். ஆறுமுகம் ...	3	50
*222.	அங்கக வேதியியல்-துணைப் பாடம் (Organic Chemistry-Ancillary) ...	பி. எல். இராமசாமி ...	5	00
*223.	அங்கக வேதியியல்–1 (Organic Chemistry-I)	எம். ஆட்கொண்டான் ...	3	00
*224.	கரிம வேதியியல்-பகுதி-1 (இரண்டாம் புத்தகம்) (Organic Chemistry-Part I Book–II) ...	திரு. கண்ணபிரான் ...	4	75
*225.	,, (மூன்றாம் புத்தகம்) Book–III ...	,, ...	3	25
*226.	கரிம வேதியியல்-பகுதி-2 (முதல் புத்தகம்) (Organic Chemistry–Part II-Book–I ...	,, ...	5	75
*227.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்) (Book–II) ...	,, ...	6	00

கணிதம் (Mathematics)

No.	Title	Author	Rs.	P.
*228.	இயற் கணிதம்-சிறப்புப் பாடம் (Book–I) (Algebra-Major) ...	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி ...	4	25
*229.	,, Book–II ...	,, ...	3	25
*230.	தொகு முறை வரை கணிதம்–சிறப்புப் பாடம் (Pure Geometry-Major)	ஆர். மகாதேவன் ...	2	00

*மூலநூல் (Original Book)

கணிதம்-(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
*231.	எண்சார் கணிதம்-சிறப்புப் பாடம் (Numerical Mathematics-Major)	எம். எம். இராமசாமி	... 5	50
*232.	திரிகோண கணிதம்-சிறப்புப் பாடம் (Trigonometry-Major) ...	வி. அரங்கநாதன்	... 3	25
*233.	கணிதம்-துணைப்பாடம் (Mathematics-Ancillary)	ஆர். அனுமந்தராவ்	... 6	00
*234.	நிலையியல்-சிறப்புப் பாடம் (Statics-Major) ...	கே. இராஜகோபாலன்	... 5	00
*235.	முப்பரிமாணப் பகுமுறை வடிவ கணிதம்-சிறப்புப் பாடம் (Analytical Geometry-3Dimensions-Major) ...	கே. சிவசுப்பிரமணியன்	... 2	75
*236.	வெக்டர் கணிதமும் அதன் பயன்பாடுகளும்-சிறப்புப் பாடம் (Vector Algebra-Major) ...	ஆர். மகாதேவன்	... 2	00
*237	கணிதம் துணைப் பாடம்-பகுதி-2 (Mathematics-IIAncillary) ...	ஆர். அய்யாசாமி	... 5	75
*238.	வானியல்-முதல் புத்தகம்-சிறப்புப் பாடம்... (Astronomy-Major) Book-I ...	திரு. தி. கோவிந்தராசன், திரு. கொ. முத்துசாமி	... 5	50
*239.	வானியல்-இரண்டாம் புத்தகம் (Astronomy-Book-II	,,	... 3	75

புள்ளியியல் (Statistics)

*240	புள்ளியியல்-துணைப் பாடம் Statistics-Ancillary) ...	எஸ். கருப்பையா	... 3	50

விலங்கியல் (Zoology)

No.	Title	Author	Rs.	P.
*241.	முதுகெலும்பற்றவை–1–சிறப்புப் பாடம் (Invertebarta-Major)	ஆர். முருகேசன்	11	50
*242.	,, 2 ,,	திருமதி. எஸ்.கே. வள்ளி	11	25
*243.	முதுகு நாணுள்ளவை–1–சிறப்புப் பாடம் (Chordata Upto and including Reptilia (Major) (Book-I)	திருமதி. ராணி கந்தசாமி	8	00
*244.	,, ,, (Book-II)	,,	9	75
*245.	முதுகுத் தண்டுள்ளவை–2–சிறப்புப் பாடம் (Chordata-Major)	திருமதி. கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	11	75
*246.	முதுகெலும்பிகளது கருவியல்–சிறப்புப் பாடம் (Vertebrate Embryology-Major)	எஸ். ஆப்ரகாம்	9	00
*247.	முதுகெலும்பற்றவை–துணைப் பாடம் (Invertebrata-Ancillary)	என். இராமலிங்கம்	9	00
*248.	முதுகு நாணுள்ளவை–துணைப் பாடம் (Chordata-Ancillary)	வி. சேது	10	00
*249.	செல்லியல்—சிறப்புப் பாடம் (Cytology-Major)	என். இராமலிங்கம்	5	50
*250.	மரபியல்-சிறப்புப் பாடம் (Genetics-Major)	பெ. மா. அண்ணாமலை	5	25
*251.	சூழ்நிலையியல்–உடற் செயலியல்-1 சிறப்புப் பாடம் (Ecology & Physiology-Major) (Book-I)	டி. ஆர். கிருஷ்ணன்	4	75
*252.	சூழ்நிலையியல்–உடற் செயலியல்-2 சிறப்புப் பாடம் (Ecology & Physiology-Major) Book-II)	,,	6	50
*253.	பரிணாமம் (Evolution)	எஸ். ஆப்ரகாம்	6	25

*மூலநூல் (Original Book)

தாவரவியல் (Botany)

No.	Title	Author	ரூ.	பை.
*254.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்–சிறப்புப் பாடம் (Morphology, Taxanomy and Anatomy-Major	கே. இராஜசேகரன்	... 11	00
*255.	தாவரப் புற அமைப்பியல்–சிறப்புப் பாடம் (Plant Morphology-Major) ...	கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	... 9	25
*256.	தாவர உள்ளமைப்பியல்–சிறப்புப் பாடம் (Plant Anatomy-Major) ...	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	... 7	25
*257.	தாவரங்களின் வாழ்க்கை-சிறப்புப் பாடம் (Plant Physiology-Major) ...	எஸ். சுந்தரம்	... 9	50
*258.	தாவரவியல்–துணைப் பாடம் (Thallophytes, Bryophytes, Pteridophytes & Gymnospermae for Ancillary) ...	பா. இராசாராம்	... 4	50
*259.	தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல்-உயிர் மருஉயியல் இயங்கியல்—துணைப்பாடம் (Physiology, Ecology, Heredity & Evolution-Ancillary) ...	கே. பெரியசாமி	... 4	00
*260.	சூழ்நிலையியல், பரிணாமம், மரபியல்—சிறப்புப் பாடம் (Ecology, Evolution and Genetics-Major) ...	கே. ஆர். பாலசந்திரகணேசன்	... 8	25
*261.	டெரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னோஸ் பெர்மே சிறப்புப் பாடம் (Pteridophytes and Gymnosperms-Major)	கே. இராஜசேகரன்	... 10	25
*262.	தாலோபைட்டா (பாசிகளும் பூஞ்சைகளும்) —சிறப்புப் பாடம் (Thallophyta-Algae and Fungi-Major) ...	டாக்டர் வே. சோ. சுந்தரலிங்கம்	... 9	00
*263.	தாவர வகைப்பாட்டியல்—சிறப்புப் பாடம் (Plant Taxonomy-Major) ...	ஆ. சம்பத்குமார்	... 10	50
*264.	பிரையோஃபைட்டா—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. இராஜசேகரன்	... 6	00